Jahrbuch der Naturkunde

Fünfter Jahrgang 1907

KARL PROCHASKAS ILLUSTR. JAHRBÜCHER

Von Herm. Berdrow



Verlag und Druck von KARL PROCHASKA ▵ Leipzig ▵ Wien ▵ Teschen
Preis 1 Mk. 50 = 1 K 80

»Prochaskas Illustrierte Jahrbücher« bestehen aus folgenden Teilen:

Illustriertes Jahrbuch der Erfindungen.

Erscheint alljährlich seit 1901. Die Jahrgänge I—IV kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom V. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte.

Erscheint alljährlich seit 1900. Die Jahrgänge I—IV kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom V. Jahrgang (Geschichte des Jahres 1904) ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen und geographischen Forschungen.

Erscheint alljährlich seit 1902. Die Jahrgänge I—III kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom IV. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde.

Erscheint alljährlich seit 1903. Die Jahrgänge I und II kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom III. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Auf Wunsch werden auch die früher brosch. erschienenen Bände der »Illustr. Jahrbücher« in dem neuen Halbleinen-Einband zum Preise von 1 Mark 50 der Band geliefert.

Prochaskas Illustrierten Jahrbüchern liegt der Gedanke zu Grunde, über die Fortschritte der Kultur auf den wichtigsten Gebieten des modernen Lebens alljährlich eine Revue zu geben, die übersichtlich, allgemein verständlich und derart stilistisch gehalten ist, daß ihre Lektüre eine anziehende, geistbildende Unterhaltung genannt werden kann.

Für jung und alt, für alle Gesellschaftskreise gleich geeignet und gleicherweise interessant, sind diese Jahrbücher eine der empfehlenswertesten Erscheinungen der neueren volkstümlichen Literatur.

Prochaskas Illustrierte Jahrbücher im Spiegel der öffentlichen Kritik:

Frankfurter Zeitung. Prochaskas „Illustrierte Jahrbücher". Auf diese in der Überschrift genannte gediegene Sammlung ist an dieser Stelle bereits früher aufmerksam gemacht und empfehlend hingewiesen worden (vgl. Literaturblatt der Frankfurter Zeitung Nr. 246). Es gereicht mir zur Freude, daß ich das damals ausgesprochene Lob heute von neuem und ohne Einschränkung bestätigen kann. Unter ausgiebiger Benutzung der neuesten Quellen, namentlich auch der weit zerstreuten und darum für den Nichtfachmann schwer zugänglichen Zeitschriftenliteratur, unterrichten diese Jahrbücher über die verschiedensten Zweige der naturwissenschaftlichen Forschung im weitesten Sinne, unter besonderer Betonung der Fortschritte, die im Laufe eines Jahres auf dem betreffenden Gebiete gemacht worden sind. Ein besseres und zugleich billigeres Hilfsmittel, als diese „Illustrierten Jahrbücher", dürfte dem allen Mühseligkeiten des Berufes zum Trotz nach Erweiterung seines geistigen Horizonts strebenden Laien auf dem deutschen Büchermarkte kaum geboten sein.

Roseggers Heimgarten. Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte. „Die Bearbeitung und Redaktion ist ganz musterhaft gelöst. Bei der flüssigen, fesselnden und anregenden Schreibweise dieser Jahrbücher der Geschichte werden dieselben hoffentlich baldigst sich einbürgern. . . . Die Anschaffung dieses Jahrbuches der Weltgeschichte kann jedermann nur bestens empfohlen werden. Man wird durch dasselbe bei äußerst angenehmer, nirgends langweiliger Darstellung von den Vorgängen auf allen Gebieten des Lebens, insbesondere des politischen, rasch und richtig unterrichtet."

Deutschtum im Auslande. Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen. „Es ist eine dem Bildungswesen zu gute kommende Idee, die Errungenschaften auf dem Gebiete der Erdkunde in Jahrbüchern volkstümlichen Charakters zu billigem Preise darzubieten . . . . Alles ist durch treffliche Abbildungen dem Auge nahegebracht. Das neue Jahrbuch verdient ganz unseren Beifall."

Fortsetzung am Schlusse des Buches.

Illustriertes Jahrbuch
der Naturkunde
Fünfter Jahrgang.



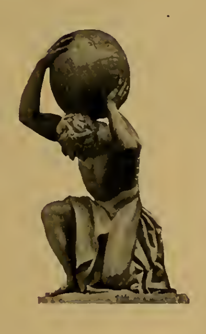
Ausbruch des Vesuvs am 28. Juni 1905.

Vom Observatorium aus gesehen. (Die Striche bezeichnen den Lauf der Sterne.)

Prochaskas Illustrierte Jahrbücher

Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde

Fünfter Jahrgang 1907 Von H. Berdrow



Leipzig
Königstraße 9/11

Karl Prochaska in Teschen

Wien
Kumfpg.

Inhaltsverzeichnis.*)

*) Denjenigen Herren, die mich durch Übersendung ihrer wissenschaftlichen Arbeiten zu unterstützen die Freundlichkeit hatten, spreche ich auch hier ergebenst meinen Dank aus. Herm. Berdrow.

Alphabetisches Sachregister.



Die Neue Sonnenwarte auf Mount Wilson in Kalifornien.

Sonnenwelt und Weltall.

(Astronomie und Meteorologie.)

Weltentstehen und Vergehen. * Die Sonne und die Fixsterne. * Trabanten, Kometen und Meteoriten. * Der Pulsschlag der Atmosphäre.

Weltentstehen und Vergehen.

Eine merkwürdige Tatsache ist es, daß im Lichte wissenschaftlicher Betrachtung uns die Zukunft der anorganischen Welt und des Lebens weniger dunkel und rätselhaft erscheint als ihre Vergangenheit, ihre Entstehung und die bisherigen Entwicklungsstufen. Es wäre z. B. sicherlich verfehlt anzunehmen, daß mit der Aufstellung der Kant-Laplaceschen Theorie in Sachen der Entwicklungslehre des Sonnensystems das letzte Wort gesprochen sei: die Stimmen, welche die Richtigkeit dieser Theorie anfechten und auch in diesen Jahrbüchern (Bd. II, S. 26) schon zu Worte gekommen sind, lassen sich immer lauter und gewichtiger vernehmen. Desgleichen ist es ausgeschlossen, daß in den heutigen Grundlehren der Entwicklungslehre oder Deszendenztheorie die endgültige Form der Lebensgesetze gefunden sei: Das Kapitel über „Das Leben und seine Entwicklung" wird uns zeigen, daß auch auf diesem Gebiete neue Anschauungen und Ideen zum Lichte ringen.

Was hingegen aus der unorganischen und der organischer Welt in naher und fernerer Zukunft werden wird, welchen Zielen die Entwicklung zustrebt, das ist weit weniger dem Streite der Meinungen unterworfen und läßt sich vielfach mit mathematischer Sicherheit voraussagen. Persönlicher Tod, soweit das körperliche Substrat des „Willens zum Leben" in Betracht kommt, Planetentod, Sonnen- und Weltentod — das sind einige der Perspektiven, welche die Erfahrung und ihr voraneilend die Wissenschaft uns für die Zukunft in Aussicht stellen. In höchst anschaulicher und anregender Weise hat jüngst der englische Astronom J. E. Gore die Möglichkeit einer zu solchen Vernichtungsfällen führenden kosmischen Katastrophe unter einem neuen Gesichtspunkte behandelt.*)

In früheren Zeiten dachte man, wenn die Menschheit von Weltuntergangsfurcht gequält wurde, gewöhnlich an einen Zusammenstoß unseres Planeten mit einem Kometen, der „Zuchtrute des Himmels", die den unartigen Kindern für gewöhnlich zwar nur gezeigt werde, aber doch auch wohl einmal herabfahren und die angedrohte Strafe in die Wirklichkeit umsetzen könne. Nachdem sich aber das Zusammentreffen mit einem Kometen als eine sehr harmlose Begegnung erwiesen hat, die uns höchstens mit dem schönen Schauspiel eines Sternschnuppenschauers oder einiger Meteoritenfälle beglücken kann, hat man als Ursache der Zertrümmerung des Erdballs an den Herabsturz des Mondes oder den Zusammenprall mit einem fremden Weltkörper gedacht. Das liegt nach den Ergebnissen

*) Gaea, 42. Jahrg. (1906), Heft 2.

der neueren Forschungen nicht außerhalb des Bereiches der Möglichkeit. J. E. Gore zeigt nun, daß eine die Erde heimsuchende vernichtende Katastrophe nicht nur durch eine solche direkte Begegnung, sondern auch durch das Zusammentreffen der Sonne mit kosmischer Materie herbeigeführt werden kann.

Eine Erhöhung der Temperatur der Sonne auf den Stand, daß ihre Wärmestrahlung die Temperatur unserer Erdatmosphäre um 50—100⁰ C erhöhte, würde dem organischen Leben auf unserem Planeten ein Ende machen. Aus sich selbst könnte die Sonne nicht zu einer solchen Temperaturzunahme kommen, wohl aber durch Zusammentreffen mit einer anderen großen kosmischen Masse. Zunächst könnte man hiebei an den Zusammenstoß mit einem Fixstern, also einer fremden Sonne, denken, und diese Möglichkeit ist in der Tat nicht völlig ausgeschlossen. Freilich ist die Sternenwüste um unsere Planetenwelt herum so unermeßlich weit, daß ein solches Zusammentreffen zunächst ziemlich unwahrscheinlich ist. Nach Gore würde die Sonne, um den Abstand bis zum nächsten Fixstern zu durchmessen, einen Zeitraum von etwa 80.000 Jahren brauchen, was freilich nach astronomischem Maßstabe eine nicht eben lange Frist ist. Aber eine solche Bewegung direkt auf einen bestimmten Fixstern zu findet, soviel bis jetzt feststeht, gar nicht statt, und damit wird der Vorgang des Zusammentreffens in geradezu nebelhafte Ferne hinausgerückt. Nun gibt es neben den leuchtenden Fixsternen im Weltall aber auch dunkle Massen, die mangels ausreichender Beleuchtung durch eine nahe Fixsternsonne selbst mit unseren größten Teleskopen nicht gesehen werden können, nachdem sie ihre Eigenwärme und ihre Leuchtkraft eingebüßt haben. Sollte uns ein Zusammenstoß mit einer solchen dunklen Weltkörpermasse drohen?

Bekanntlich bewegt sich die Sonne samt ihrem ganzen Gefolge von Planeten und Monden mit ziemlicher Geschwindigkeit durch den Weltraum. Das Ziel dieser Bewegung liegt gegenwärtig nicht weit von dem hellen Stern Wega in der Leier (siehe Jahrb. II, S. 33). Es liegt nun keineswegs außer dem Bereiche der Möglichkeit, daß die Sonne auf diesem Fluge durch den Weltraum mit einem dunklen Körper in Kollision kommen wird. Der Eintritt dieses Ereignisses würde eine solche Glutzunahme der Sonnenmaterie zur Folge haben, daß in wenigen Minuten die ganze Erdoberfläche durch Feuer zerstört würde, eine St. Pierre-Katastrophe in größtem Maßstabe.

Da nun die gefahrdrohende dunkle Masse in gewissem Abstand von der Sonne, von ihr beleuchtet, als neuer Planet erscheinen müßte, so würde sich eine solche Katastrophe monate-, vielleicht jahrelang im voraus ankündigen. Wäre der Weltkörper an Größe ungefähr der Sonne gleich, so würde er zuerst sichtbar werden, wenn er etwa an den äußersten Grenzen des Sonnensystems angekommen wäre. Man würde ihn zuerst vielleicht für einen veränderlichen Stern im Maximum seiner Helligkeit halten. Aber die verhältnismäßige Beständigkeit seiner Lichtstärke, seine große Parallaxe oder seine Stellungsänderungen in bezug auf benachbarte Fixsterne würden seinen wahren Charakter bald enthüllen und zeigen, daß er sich in gefahrdrohender Nähe befinde. Kurze Zeit hindurch könnte er für einen entfernten Kometen gehalten werden, doch würde seine scheinbare Ortsveränderung am Himmel infolge der direkten Bewegung auf die Sonne zu für einen Kometen zu gering sein, und die Untersuchung seines Lichtes mittels des Spektroskops würde anzeigen, daß dieser Weltkörper nicht in eigenem Lichte strahlt, sondern gleich den Planeten von der Sonne beleuchtet wird.

Prof. Gore hat die Bewegungen dieses hypothetisch angenommenen Weltkörpers von dem Moment an, wo er als Stern 9. Größe auftaucht, berechnet unter der Annahme, daß er die gleiche Masse wie die Sonne und die gleiche Dichtigkeit wie die Erde besitzt, während seine Reflexionsfähigkeit der des Planeten Uranus gleichen soll. Er würde uns dann als Stern 9. Größe im Teleskop erscheinen, sobald seine wahre Entfernung von der Sonne 8·68mal so groß wie die des Planeten Uranus ist, also etwa 3300 Millionen Meilen beträgt. Nehmen wir an, daß die Sonne sich mit 17—18 Kilometer Geschwindigkeit in der Sekunde bewegt und der dunkle Weltkörper sich ihr mit gleich großer Geschwindigkeit direkt nähert, so läßt sich auf Grund der Bewegungsgesetze leicht berechnen, wieviel Zeit bis zum Zusammenstoß verfließen wird, nämlich ungefähr 15 Jahre 2 Monate.

In den ersten Jahren würde die Annäherung verhältnismäßig langsam vor sich gehen. Erst nach acht bis neun Jahren würde der dunkle Weltkörper in einer Entfernung von 1300 Millionen Meilen dem unbewaffneten Auge als Stern 5. Größe sichtbar werden. Nach 14 Jahren würde er in Uranusferne etwas heller als der Stern Arktur erscheinen und schon allgemeine Aufmerksamkeit erregen. Nun vermindert sich sein Abstand von der Sonne rasch unter entsprechendem Anwachsen seiner Helligkeit. Ein Jahr später hat er schon die Bahn des Jupiter erreicht und strahlt in einem Glanze, der die Helligkeit der Venus in größtem Lichte noch um zwei Größenklassen übertrifft; er wäre dann nächst dem Monde das bei weitem hellste Objekt am nächtlichen Himmel. Nach dieser Epoche wird die Bewegung des unheilvollen Gastes sehr rasch, in 51 Tagen hat er die nämliche Entfernung von der Sonne erreicht wie die Erde und schon acht Tage später erfolgt der Zusammenprall bei einer beiderseitigen Geschwindigkeit von 650 Kilometer in der Sekunde. Keine Phantasie vermag sich die Wirkung des Zusammenstoßes vorzustellen. In weniger als einer Stunde wären beide Weltkörper in eine solche Glut versetzt, daß sie sich vollständig in Gas auflösen, und diese Glut würde nicht nur die Erde, sondern wahrscheinlich auch die meisten übrigen Planeten des Sonnensystems zerstören. Ein direkter Aufprall des Weltkörpers auf die Erde wäre nicht zu befürchten, da die Richtung der Sonnenbewegung durch den Weltraum mit der Ebene der Erdbahn einen Winkel von ungefähr 60⁰ bildet; wohl aber könnte die Erde durch ihn aus ihrer Bahn gerissen werden.

Nicht so schlimm, aber immer noch gefährlich genug für uns würde die Katastrophe verlaufen,

wenn der dunkle kosmische Körper nicht direkt auf die Sonne zusteuerte, sondern in einer sehr lang gestreckten Ellipse. Die Bewegung der Erde in ihrer Bahn würde sich erheblich verändern, ja es würde, sobald die Sonne und der Weltkörper sich auch nur streiften, eine Glut entstehen, welche die Erde wahrscheinlich verzehren würde. Wäre der dunkle Körper kleiner als die Sonne, etwa von Erdgröße, so würde er erst in Uranusferne als Sternchen 9. Größe sichtbar werden und sich dann innerhalb dreier Jahre in die Sonne stürzen. Die bei diesem Zusammenstoß entstehende Hitze wäre natürlich erheblich geringer als in dem ersteren Falle, aber immer noch groß genug, um die unheilvollsten Folgen für die Erde hervorzurufen. Ein derartiger kosmischer Körper könnte sehr gut schon innerhalb der Uranusbahn angelangt sein, bevor er entdeckt würde, und die Menschheit wäre in diesem Falle nur wenige Monate vor Eintritt der Katastrophe gewarnt.

Aber droht denn nun tatsächlich eine solche Gefahr? Nach dem eingangs Gesagten müßte der gefahrdrohende Weltkörper aus der Gegend des Weltraumes kommen, die nahe bei dem Sterne Wega in der Leier liegt. Wenn sich dort ein neuer Stern plötzlich zeigte, so könnte er vielleicht eine sich nähernde kosmische Masse repräsentieren. Gore hat jene Region aufmerksam untersucht, ohne auf einen Stern bis zur 7. Größe zu treffen, der nicht schon längst bekannt wäre. Bezüglich der lichtschwächeren Sterne müßten freilich sorgfältige photographische Aufnahmen Gewißheit verschaffen.

Den Vorübergang zweier Sonnen nahe aneinander will T. C. Chamberlin auch als Ursache der Entstehung von Planetensystemen angesehen wissen, indem er die Laplacesche Theorie mit ihrem sich zusammenziehenden Nebelball und der wiederholten, die Planeten liefernden Ringbildung völlig verwirft.*) Die Entwicklung eines Sonnensystems nahm nach ihm ihren Ausgang von einem Spiralnebel, dieser sehr häufig vorkommenden, vielleicht sogar überwiegenden Form der Nebelflecke. Die wahrscheinliche Ursache dieser Gestaltung der Weltnebel ist der nahe Vorübergang zweier Sterne beieinander. Die erste Folge einer solchen Annäherung eines großen fremden Körpers an eine „Sonne" mußte die Erhebung eines großen Flutberges auf der dem Ankömmling zugewandten Seite und eines ähnlichen Berges auf der entgegengesetzten Seite sein. Wenn nun Körper einander näher kommen als das 2·44fache ihrer Halbmesser, so wird die Eigenschwere auf dem einen aufgehoben durch die Gezeitenwirkung seitens des anderen. Da ist dann die beste Gelegenheit geboten für die Entstehung riesiger Gasausbrüche an der Vorder- und Rückseite des Sonnenkörpers, an den Orten der Flutberge, womit sich erklären läßt, daß auch bei Spiralnebeln fast stets zwei Windungen nach entgegengesetzten Richtungen ausstrahlen. Die ausströmenden Stoffmassen wären wieder auf die Sonne zurückgefallen, wenn nicht der vorbeiziehende Körper sie durch seine Störungswirkung von der geradlinigen Bewegung abgelenkt und in elliptische Bahnen gezwungen hätte, in denen sie nun weiterhin die Sonne umkreisen mußten. Die Ausschleuderungen konnten andauernd oder auch mit Unterbrechungen erfolgen, der Bau der entstehenden Spirale also unter Umständen sehr verwickelt sein. Nach den bisher vorgenommenen Rechnungen haben sich die Bahnen dieser Massen stets als Ellipsen herausgestellt.

Neben einzelnen größeren „Blasen" ist wahrscheinlich auch viel fein verteilter Stoff bei den Ausbrüchen frei geworden. Jene bildeten die Kerne, die im Laufe der Zeit durch Aufnahme des verstreuten Stoffes zu Planeten heranwuchsen. Nach der Art der Entstehung der elliptischen Bahnen

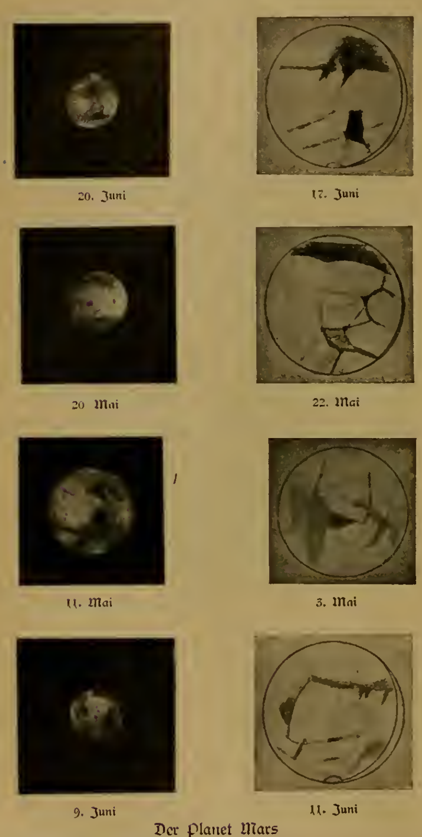


Der Spiralnebel in den Jagdhunden, nach einer photographischen Aufnahme von Ritchey.

mußten die nachmaligen Planeten alle in derselben Richtung um die Sonne laufen, und ihre Bahnebenen mußten beinahe, wenn auch keineswegs genau, zusammenfallen. Weitere Überlegung zeigt, daß die ausgestoßenen Stoffmassen sowohl vor wie nach der Sonnennähe des fremden Körpers fast symmetrisch zur Bahnebene des letzteren verteilt sein mußten. Ein durch Aufnahme zerstreuten Stoffes wachsender Kern (Planet) mußte eben wegen dieser symmetrischen Stoffverteilung seine Bewegung allmählich so ändern, daß seine Bahnebene sich der Symmetrieebene, d. h. der Bahnebene des fremden Körpers, mehr und mehr näherte, während seine Bahn dabei immer kreisförmiger wurde. Ein größerer Planet mußte, da er wegen der Weite seines Anziehungsbereiches sehr viel zerstreuten Stoff auffing, jene Bahnänderungen in viel stärkerem Maße erleiden als ein anfänglich kleinerer Körper mit seinem langsamen Wachstum. Diese Folgerungen finden ihre Bestätigung in der Tatsache, daß im Sonnensystem die großen Planeten kleine Bahnneigungen und geringe Exzentrizität (Abweichung von der Kreisbahn) besitzen, im Gegensatz zu Merkur und den Planetoiden, welche letzteren häufig in sehr stark geneigten und hoch exzentrischen Bahnen laufen.

*) Astrophys. Journ., Bd. 22. Naturw. Rundschau, 21. Jahrg. (1906), Nr. 5.

Ein Teil der ausgestoßenen Massen, namentlich der mit geringerer Ausbruchsgeschwindigkeit begabten, mag wieder auf die Sonne zurückgefallen sein, bevor ihre Bahnen stark durch den fremden Körper gestört waren. Aber auch sie hatten doch eine gewisse Bewegungsenergie in der Laufrichtung des störenden Körpers erlangt und gaben diese Energie nun an die Sonne ab, indem sie dadurch deren



Der Planet Mars
links: photographische Aufnahmen rechts: Zeichnungen nach direkten Beobachtungen im Fernrohr.

Rotationsrichtung beeinflußten. Letztere wurde von dem vorüberziehenden Körper auch direkt beeinflußt, und so wurde in der Sonne eine Drehung hervorgerufen, die ungefähr mit der Bewegungsrichtung der Planeten übereinstimmt.

Interessant ist die Erklärung, welche diese Spiralnebeltheorie für die Mannigfaltigkeit der verschiedenen Trabantensysteme bietet, deren Erklärung namentlich seit der Entdeckung der zwei äußeren, anscheinend einander entgegenlaufenden Jupitermonde und des Saturnmondes Phöbe der Laplaceschen Hypothese große Schwierigkeiten bot. Nach der ersteren Hypothese waren die von der Sonne ausgestoßenen Planetenkerne von kleineren Nebenkernen begleitet. War die Geschwindigkeit der letzteren nur wenig verschieden von der der Planetenkerne, so wurden sie bald von diesen aufgesogen. Lief der Nebenkern erheblich anders als der Planetenkern, so entzog er sich bald dessen Einwirkung und wurde ein unabhängiger Körper. In allen anderen Fällen umkreisten die Nebenkerne den Hauptkern und es lag kein Grund für eine gemeinsame Umlaufsrichtung dieser Begleiter vor.

Nach der Lage der Bahnebenen und nach den Bewegungsrichtungen lassen sich nun drei Klassen von Begleitern unterscheiden: solche mit starken Bahnneigungen, solche mit kleinen Neigungen und direkter Bewegung und solche mit kleinen Neigungen und rückläufiger Bewegung. Für die in stark geneigten Bahnen laufenden Begleiter der ersten Klasse bildete der ursprünglich noch reichlich vorhandene zerstreute Stoff ein widerstehendes Medium, durch das die Bahnen dieser Körper in kurzer Zeit mehr und mehr verengt wurden. Hatte zum Beispiel ein solcher Trabant durch Aufnahme zerstreuten Stoffes seine Masse verdoppelt, so war seine Bahn auf ein Viertel des früheren Umfanges verkleinert. Die Massenzunahme des Planeten selbst verengte ebenfalls die Bahn des Trabanten, der sich schließlich mit dem Planeten vereinigte. Die mit kleiner Bahnneigung ihren Planeten direkt umkreisenden Begleiter änderten ihre Bewegungen infolge des Zusammentreffens mit dem zerstreuten Stoffe weniger und, wie sich bei näherer Untersuchung ergibt, so, daß ihre Bahn sich erweiterte; von diesen Körpern konnten daher manche bestehen bleiben, wobei ihre Bahnen nach und nach immer kreisähnlicher wurden. Für die durch kleine Bahnneigungen und rückläufige Bewegung charakterisierten Begleiter der dritten Art wirkten die zerstreuten Stoffteile dahin, daß sie gehemmt und ihre Exzentrizitäten vergrößert wurden. Solche Verhältnisse aber führen zu einem Hineinstürzen der Begleiter in den Hauptkörper, falls die Zeit ausreicht und nicht inzwischen der zerstreute Stoff von den vorhandenen großen Körpern aufgenommen ist. Es wird den Lesern der früheren Jahrgänge des Jahrbuches der Naturkunde erinnerlich sein, daß eine der zur Erklärung der Eiszeiten aufgestellte Theorien, die Pendulationstheorie von *Reibisch*, mit dem Hineinstürzen eines solchen Trabanten in die damals jedenfalls noch plastische Erdmasse rechnet (siehe Jahrb. I, S. 52). Diesem Schicksal der Vernichtung werden also nur die entferntesten rückläufigen oder in stark geneigten Bahnen laufenden Trabanten zu entgehen Aussicht haben. So wäre es nach dieser Entwicklungstheorie allerdings verständlich, daß es beim Jupiter (6. und 7. Mond) und Saturn (9. Mond) noch Trabanten in großem Abstand geben kann, deren Bahnverhältnisse so völlig von den äußerst regelmäßigen Anordnungen der inneren Planeten abweichen.

Auch für die *physische Beschaffenheit der Planeten* liefert diese Theorie eine von der herrschenden stark abweichende Anschauung. Die zu Planeten von Erdgröße heranwachsenden Urkerne waren danach so klein und besaßen so geringe Schwerkraft, daß sie keine wirklichen Atmosphären

festhalten konnten. Sie erkalteten daher schnell und wurden fest, wie sich auch der zerstreute Stoff schnell abkühlte. Demnach bauten sich diese Planeten aus Körpern von festem Zustande auf und waren feste Körper bald nach dem Vorübergange des festen Sternes an der Sonne. Ihre Atmosphären gewannen sie erst in einer späteren Entwicklungsstufe infolge des Entweichens eingeschlossener Gase während ihrer allmählich fortschreitenden Zusammenziehung. Die jetzige innere Wärme und die vormaligen Schmelzungsvorgänge, für die es so manchen Beweis auf der Erde gibt, entstammen teils der noch nicht völlig durch Strahlung ausgegebenen Anfangshitze, mehr aber noch der Zusammenziehung der mit der Erde (und ihr ähnlichen Planeten) vereinigten Stoffmassen auf ihre jetzige Dichte.

Dagegen waren die Urkerne, aus denen die großen Planeten entstanden sind, groß genug, um dichte Atmosphären festzuhalten. Daher behielten sie auch ihre innere Hitze viel länger, und eben deshalb ist es auch wahrscheinlich, daß auf ihnen flüchtigere Stoffe einen größeren Anteil ausmachen als bei den kleineren Planeten. Diese großen Kerne zogen ferner die zerstreuten Stoffmassen viel stärker an als die kleineren Kerne, und die beim Herabsturz der Massen erzeugte Hitze war demgemäß sehr beträchtlich. Die Atmosphären auf ihnen verhinderten die schnelle Ausstrahlung dieser Wärmemengen, und so blieb ihnen der ursprüngliche gasig-flüssige Zustand ziemlich lange erhalten.

Eine Probe auf das Exempel bietet die rückläufige Bewegung des 9. Saturnmondes Phöbe, der nicht nach der Laplaceschen Ringtheorie entstanden sein kann und deshalb auch für einen ursprünglich fremden, vom Saturn eingefangenen Trabanten erklärt worden ist. Nach der neuen Theorie Chamberlins läßt sich seine retrograde Bewegung genügend erklären. Während die Laplacesche Theorie auch bei der Frage versagt, wohin die zur Ablösung der äußeren Planetenringe erforderliche große Drehungsenergie gekommen sei, von der die Sonne jetzt nur noch einen minimalen Rest besitzt, erklärt die hier dargelegte Spiraltheorie, daß diese gewaltige Rotationsenergie niemals vorhanden war, also auch nicht verschwunden zu sein braucht.

Sicherlich ist diese Theorie schon jetzt, in den Anfängen ihres Aufbaues, eine gute Arbeitshypothese, die nicht nur die Erscheinungen, auf die einst die Ringtheorie gegründet wurde, sondern auch manche der letzteren direkt widerstreitende Tatsachen erklärt. Daneben stellt sie aber auch eine ganze Reihe neuer und sehr schwieriger Fragen auf dem Gebiete der Himmelsmechanik, die uns sicherlich noch viele neue Aufschlüsse geben werden über das Werden und Vergehen in der Planetenwelt.

Die Sonne und die Fixsterne.

Ehe es zu einer Katastrophe der vorhin geschilderten Art käme, könnte allerdings die Erde nebst den übrigen Planeten von einem anderen, näherliegenden Schicksal betroffen werden, dem des Erlöschens der Sonne, ihres Überganges in den dunklen Fixsternzustand, ein Ereignis, das, so allmählich es sich auch vollziehen würde, doch das endliche Erlöschen des organischen Lebens auf der Erde und den übrigen Planeten herbeiführen müßte. Wir und unsere Nachkommen bis ins tausendste Glied können allerdings die Möglichkeit und das zeitlich nähere oder fernere Hereinbrechen dieser Katastrophe in aller Gemütsruhe erörtern und unsere Ansichten über das Wesen des Sonnenballs zu klären versuchen; denn es besteht durchaus noch nicht völlige Übereinstimmung unter den Astrophysikern über die Erklärung der verschiedenen Sonnenphänomene, und es tauchen von Zeit zu Zeit Hypothesen auf, die von den zur Stunde geltenden ungemein abweichen. Eine dieser neueren Ansichten, die von Professor Dr. August Schmidt in Stuttgart aufgestellt wird, wollen wir in folgendem kennen lernen.*)

Allem Anschein nach ist die Sonne eine flüssige oder gasige Kugel; denn die Zeit ihrer Achsendrehung ist nicht wie bei festen Körpern in allen Teilen gleich, sondern am kleinsten am Äquator, nämlich 25 Tage, und wächst mit zunehmender Entfernung von diesem, so daß sie z. B. im 75. Grade der Breite 39 Tage beträgt. Die Drehung der Sonnenscheibe wird vor allem an der Fortbewegung der seit 300 Jahren bekannten dunklen Sonnenflecken, die von helleren Fackeln begleitet werden, festgestellt. Das heutige Fernrohr fügt zu den Flecken und Fackeln die Granulation (körnige Zeichnung) der Scheibe und die Erscheinungen am Rande, nämlich die den Rand umgebende Chromosphäre, das Anzeichen einer den Ball umhüllenden glühenden Atmosphäre von weniger hoher Temperatur, dazu wechselnde, bald rascher, bald langsamer ausbrechende und wieder verschwindende Hervorragungen, die Protuberanzen; endlich einen bei totalen Finsternissen die dunkle Scheibe umhüllenden Hof von mattem Silberglanze, die Korona, die das Bild weit in den Weltraum hinausragender unregelmäßig verteilter Strahlenkegel bietet.



Zeichnung und Photographie des Sonnenrandes am 30. August 1905 von Ch. Grigult.

Zur Deutung der am Sonnenrande beobachteten Erscheinungen hat Prof. Schmidt seit geraumer Zeit auch die Gesetze der Lichtbrechung herange-

*) Jahreshefte des Vereines für vaterl. Naturkunde in Württemberg. 61. Jahrg. (1905). Vgl. dazu: W. Wundt, Über die Schmidtsche Theorie u. s. w. Physik. Zeitschr., 7. Jahrg. (1906), Nr. 11.

zogen und ist mit ihrer Hilfe zu Annahmen gelangt, die vorerst den Eindruck gewagter neuer Hypothesen machen.

In einer elementaren Auseinandersetzung der Hauptpunkte seiner Theorie geht er von folgenden bekannten Versuchen aus: Bringe ich eine Münze auf den Boden einer Schüssel und stelle mich so auf, daß der Schüsselrand meinem Auge die Münze verdeckt, so kann ich sie mir ohne Veränderung der Stellung sichtbar machen, wenn ich die Schüssel bis zu genügender Höhe mit Wasser fülle. Der ganze Grund der Schüssel erfährt dabei eine scheinbare, eine optische Erhebung. Jeder von einem dichteren in ein dünneres Mittel (z. B. aus Wasser in Luft) übertretende Lichtstrahl, ausgenommen der zur Trennungsfläche senkrecht stehende, erleidet beim Übertritte eine Richtungsänderung, er wird gebrochen, und zwar um so stärker, je weiter er von der senkrechten Richtung abweicht. Die Wirkungen der Lichtbrechung begleiten uns bei alltäglichen Erscheinungen, der Astronom zieht sie bei Himmelsbeobachtungen stets in Rechnung. Die Sonne und alle Gestirne gehen einige Minuten früher auf und einige Minuten später unter, als sie bei geradliniger Fortpflanzung ihres Lichtes tun würden, denn die Atmosphäre der Erde bildet ein unten dichteres, oben dünneres Mittel, in welchem sich die Lichtstrahlen, unendlich oft, unendlich wenig gebrochen, als nach unten schwach konkave Linien bewegen.

Aus dem unmittelbaren Bilde der Sonne unter Berücksichtigung ihrer Entfernung von der Erde (150 Millionen Kilometer) ergibt sich als Radius der weißleuchtenden Oberfläche des Sonnenballs, der Photosphäre, der 108fache Erdradius, als Höhe der im Purpurlicht glühenden Sonnenatmosphäre oder Chromosphäre ungefähr der einfache Erdradius, als größte Höhen zeitweilig auftretender Koronastrahlen der mehrfache Sonnenradius. Sollten nicht auch diese Abmessungen durch die Lichtbrechung beeinflußt sein? Prof. Schmidt hat dem Brechungsgesetze entsprechend gezeigt, daß die Maße für die Photosphäre und die Chromosphäre, ja daß die ganze dem Augenschein entsprechende Trennung dieser zwei Teile auf nichts als einer Verwechslung von Schein und Wirklichkeit beruhen. Man schreibt der Photosphäre und der Chromosphäre zweierlei Aggregatzustände zu, erstere den flüssigen oder gar festen, etwa in Form glühenden Staubes, entgegen allen der Wärmelehre und dem Barometergesetze entsprechenden Erwartungen, nach welchen eine Masse von 6000° Temperatur in keinem anderen als im Gaszustand mit nach außen stetig und allmählich abnehmender Dichte existieren kann. Erst in den höheren Schichten der Chromosphäre und der Korona kann an Verdichtung gedacht werden.

Die Geometrie der Lichtbrechung zeigt unwiderleglich, daß ein glühender Gasball uns gar kein anderes Bild geben kann, als eine scheinbar scharfe Begrenzung zwischen einem undurchsichtigen weißglühenden und einem durchstrahlten rotglühenden bis unsichtbaren Teile. Fassen wir, um das zu begreifen, die zu unserem Auge kommenden Sonnenstrahlen in ihrer umgekehrten Richtung auf, als vom Auge ausgehende Sehstrahlen. Der am Rande den Gasball durchschneidende Sehstrahl krümmt sich infolge der Brechung in einem gegen die Mitte das Gasballs konkaven Bogen. Die Krümmung wird um so stärker, je näher der Strahl den dichteren Schichten kommt. Nur schwach gekrümmte Strahlen gehen daher unter kleiner Ablenkung durch die äußersten Schichten hindurch bis zu einem Grenzstrahle, unterhalb dessen alle anderen durch die zu starke Krümmung nach innen, nach den weißleuchtenden Schichten abgelenkt werden.

Dabei begreift sich zugleich, daß der gegen die Sonne konkave Grenzstrahl uns auch den Ort — die kritische Sphäre —, in welchem er die Grenzschichte erreicht, weiter entfernt von der Sonnenmitte erscheinen läßt, als er sich wirklich befindet. Der weißglühende Kern von uns unbekannter Ausdehnung scheint sich bis zur kritischen Sphäre zu erheben und wird noch mit dieser Sphäre optisch vergrößert unserem Auge dargestellt.

Mit dieser Grundanschauung über die nur scheinbare, nur optische Existenz des sichtbaren Sonnenrandes verbindet sich nun folgerichtig auch die optische Deutung der an diesem Rande beobachteten außerordentlichen Erscheinungen, nicht bloß des Auftretens kleiner Ausbuchtungen und Einkerbungen des Randes der weißen Scheibe, sondern auch der außergewöhnlichen Lichterscheinungen außerhalb des Randes, der Protuberanzen. Von diesen Erscheinungen nimmt Prof. Schmidt an, daß mindestens ein Teil sich einfach als eine Art von Luftspiegelungen erklären lasse, erzeugt durch unregelmäßige und veränderliche Dichteverhältnisse der durchstrahlten Atmosphäre. Hochaufsteigende Wirbel und Wellenbewegungen in den leichten und dünnen Koronagasen sind geeignet, Schlieren zu bilden, innerhalb deren die aufgewühlten sturmerregten Chromosphärengase der Tiefe uns hochschwebende Luftspiegelungen erzeugen mit Verschiebungen der Spektrallinien, die uns noch viel größere Geschwindigkeiten vortäuschen.

Bei Anwendung von Blenden zur Beobachtung der Sonnenscheibe, oder wenn wir das Sonnenbild auf einen Schirm projizieren, gewahren wir neben den Flecken, Fackeln und Körnern auch noch eine gleichmäßige Abnahme der Helligkeit der Scheibe von der Mitte nach dem Rande zu. Diese Verschiedenheit der Strahlungsstärke der Sonne je nach der Entfernung von der Scheibenmitte ist nicht bloß für die Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge, sondern auch für die unsichtbare Wärmestrahlung und die unsichtbare chemische Strahlung eingehend untersucht. Von 100% in der Mitte stuft sich die Wärmestrahlung ab bis auf 43% am Rande, die Lichtstrahlung im ganzen auf 37% und die chemische Strahlung auf 13%. Die Lichtabnahme, nach den Strahlen verschiedener Wellenlänge untersucht, zeigte sich größer für die Strahlen kleiner als für die größerer Wellenlänge, das Licht aus der Mitte der Scheibe enthält verhältnismäßig am meisten Violett, das vom Rande verhältnismäßig am meisten Rot.

Nach dem Gesetze der Strahlung (von Lambert) und nach Versuchen mit glühenden Metallkugeln ist die nach allen Richtungen von jedem Teile der Oberfläche ausgesandte Lichtmenge derart

gleich, daß eine glühende Kugel aussieht wie eine gleichmäßig glühende Scheibe. Warum macht also die Sonne eine so auffallende Ausnahme von dem Lambertschen Gesetze?

Nach der allgemein verbreiteten Annahme verschluckt die über der Photosphäre schwebende gasige Hülle der Sonne von der senkrecht austretenden Strahlung weniger als von der schief austretenden. Entsprechend der starken Abnahme der Strahlung nach dem Rande zu, nimmt man mit dem um diese Messungen hochverdienten Amerikaner Langley (siehe Jahrb. I, S. 28), an, daß mindestens die Hälfte der Sonnenstrahlung von der eigenen Atmosphäre der Sonne verschluckt werde.

Mittels eines einfachen Experiments versucht Prof. Schmidt einen zweiten, nach seiner Ansicht noch wichtigeren Grund dieser Strahlungsabnahme von der Mitte zum Rande der Sonne zu veranschaulichen. Setzen wir auf einen von oben erleuchteten Tisch einen flachen Teller mit nicht zu glänzender Glasur, so erscheint aus jeder Richtung, nach welcher nicht direkt gespiegeltes Licht des Tellerbodens zum Auge kommt, dieser Boden annähernd gleich hell, auch beim Betrachten in möglichst horizontaler Richtung. Gießen wir aber eine Schicht Wasser in den Teller, am besten bis zum Rande, so ändert sich die Erscheinung. Der Grund des Tellers erscheint nicht nur gehoben, sondern auch um so dunkler, je schiefer die Sehrichtung gewählt wird, besonders deutlich, wenn der Winkel der Sehrichtung mit dem Wasserspiegel kleiner als 30° wird. Bei fortschreitender Verkleinerung des Winkels nähert sich die Helligkeit zusehends der Grenze Null. Eine Wirkung der Absorption (Verschluckung) des Lichtes durch das Wasser kann das nicht sein, dazu müßten die Strahlen im Wasser meterlange Wege zurücklegen. Die Erscheinung ist vielmehr nur eine Folge des Brechungsgesetzes.

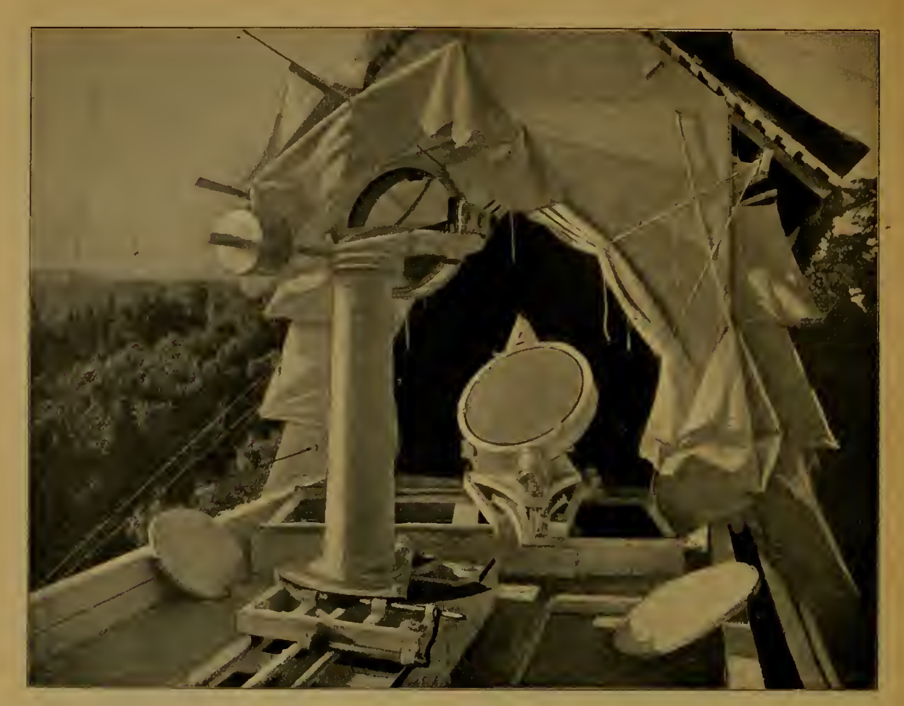
Das Licht nämlich, das von einem Punkte des Wassergrundes ausgeht und unter verschiedenen Richtungen die Oberfläche erreicht, teilt sich in drei Gruppen von Strahlen. Die erste Gruppe umfaßt alle Strahlen, die von der senkrechten Richtung um mehr als 49° abweichen; sie treten gar nicht über die Wasseroberfläche, werden vielmehr nach dem Gesetz der Spiegelung total reflektiert. Ferner in dem ganzen Kegel von Strahlen innerhalb des Grenzwinkels der Totalreflexion (bis 49°) spaltet sich jeder einzelne Strahl in einen austretenden und einen nach unten reflektierten Teil, und zwar ist der letztere um so stärker, je näher der Strahl der Grenzrichtung ist. Der austretende Lichtkegel endlich zerstreut sich in ein bis zur horizontalen Richtung sich erweiterndes Büschel, und zwar wird auch hier das Gebiet der nahezu senkrechten Strahlen weniger, dasjenige der Strahlen, die der Grenze nahe sind, am stärksten von der Zerstreuung betroffen. Die ganze Erscheinung folgt mathematisch aus dem Gesetze der Lichtbrechung.

Wenn nun die Sonnenatmosphäre, besonders die Chromosphäre, ein lichtbrechendes Mittel ist, so muß sie einen Teil des Photosphärenlichtes total nach innen reflektieren, nicht in geknickten, sondern in gebogenen Strahlen (tatsächlich tritt an die Stelle der Reflexion die Refraktion). Sie muß auch von den sie durchsetzenden Strahlen einen im Bogen gleichsam reflektierten Teil abspalten derart, daß die Helligkeit der senkrecht die Atmosphärenschichten durchschneidenden Strahlen am größten, die Helligkeit der Randstrahlen des Sonnenbildes am kleinsten wird.

Daß die Sonnenhülle von dem sie durchsetzenden weißen Lichte auch etwas absorbiert, läßt sich nicht bestreiten. Die Spektralanalyse zeigt uns eine Wirkung dieser Absorption in den Tausenden dunkler Fraunhoferscher Linien, die das Spektrum des Sonnenlichtes durchsetzen, wir finden dieses verschluckte Licht auch wieder in dem Eigenlichte, das die Chromosphäre am Rande der Sonnenscheibe ausstrahlt, das wegen seiner Schwäche aber nur bei totalen Finsternissen sichtbar ist. Wollten wir aber die Helligkeitsabnahme von der Mitte zum Rande ganz der Absorption zuschreiben, so kämen wir zu dem Rätsel einer ungeheuren, fortlaufend von der kälteren Sonnenhülle aufgenommenen Energiemenge, ohne eine vernünftige Annahme über den Verbleib dieser Energie machen zu können.

Wenn die Strahlenbrechung in der Sonnenatmosphäre die Hauptursache des Helligkeitsunterschiedes zwischen Mitte und Rand der Scheibe ist, so bieten die genauen und reichlichen Messungen Vogels mit dem Spektralphotometer ein wertvolles Mittel, die lichtbrechenden Eigenschaften und damit die chemische Natur der die Sonnenhülle bildenden Gase zu ergründen. Das auf dem weißleuchtenden inneren Teile der Sonne auflagernde Gas, dem wir schon mit Rücksicht auf das Barometergesetz eine alle bekannten Gase überbietende Feinheit und Leichtigkeit zuzuschreiben geneigt sind, besitzt ein ganz eigentümliches, für ein Gas großes Lichtbrechungsvermögen, im Violett demjenigen des Wassers vergleichbar, und ein großes Farbenzerstreuungsvermögen. Es zeigt ferner eine Besonderheit in der Abstufung seines Brechungsvermögens, die sogenannte anomale Dispersion, die darauf hindeutet, daß dem Gase als Eigenlinie seines Spektrums eine Linie in Grün zukommt. Längst kennt man in der Sonnenatmosphäre einen sich durch eine grüne Spektrallinie verratenden Stoff, dem man wegen seiner Gegenwart in der Sonnenkorona den Namen Koronium gegeben hat. Auf Erden ist ein Gas mit dieser Spektrallinie noch nicht sicher nachgewiesen. Daß aber auch bei uns der Wasserstoff nicht das leichteste Element ist, wissen wir aus den Versuchen über elektrische Entladungen in Geißlerschen Röhren. Die rechnende Physik erkennt bei diesen Versuchen einen gasartigen Körper von einem Molekulargewichte, das 2000mal kleiner als das des Wasserstoffes ist. Eine derartige Substanz müßte das Koronium sein, das den überwiegenden Bestandteil der Sonnenatmosphäre bis herab zu den weißglühenden Schichten zu bilden scheint. Die anderen in der Chromosphäre nachgewiesenen Elemente, Wasserstoff, Helium, Leicht- und Schwermetalle, wären nur in sehr verdünnter Lösung darin enthalten.

Die sonst verbreiteten Theorien behaupten, daß die Sonne ein flüssiger Körper ist, den eine die Lichtbrechung so gut wie ganz entbehrende Atmo-



Der Cölostat der Sonnenwarte auf Mount Wilson.

sphäre von glühenden Metalldämpfen und Wasserstoff 3000 Kilometer hoch bedeckt, oder daß die von einer solchen Atmosphäre überlagerte Photosphäre ähnlich unseren Wolken aus schwebenden Kondensationen von mindestens 6000° Temperatur besteht, schwebenden Metalltropfen, getragen von Gasen größter Verdünnung, ferner daß die Protuberanzen vulkanische Ausbrüche und Springbrunnen glühende Gase sind, die sich mit einer Geschwindigkeit von Hunderten von Kilometern in der Sekunde in den Koronaraum ergießen. Demgegenüber führt die Theorie Schmidts zu sehr abweichenden Folgerungen, namentlich hinsichtlich des Wärmehaushaltes der Sonne.

Die von der modernen Wissenschaft gegebene Lösung des Problems des Wärmehaushaltes der Sonne läßt den Energieverlust, den die Sonne durch ihre Strahlung erleidet, ersetzt werden durch Gravitationsenergie, die sich in neue Wärme verwandelt, sei es nach R. Mayer durch das Stürzen kosmischer Massen auf die Sonne, sei es nach Helmholtz und Lord Kelvin durch Zusammenziehung der Sonnenmasse selbst. Beide Vorstellungen sind berechtigt und ergänzen sich. Soweit ein anderweitiger Ersatz des Verlustes ausbleibt, muß der erkaltende Gasball unter Volumverminderung sich wieder erwärmen. Aber beide Vorstellungen setzen dem Wärmeersatz ein wenn auch noch so fernes Ziel, die Zeit, wo die kleinen Massen des Weltraumes von den großen verschlungen sind und letztere selbst die Grenze der Schrumpfung erreicht haben. Dieses Ziel ist Lord Kelvins sogenannter Wärmetod.

Aber diese ganze Anschauung beruht auf einem Fehlschlusse, durch welchen ein allgemeiner Naturvorgang geleugnet wird. Die Atmosphären der Himmelskörper erfüllen alle die Aufgabe, unter der Wirkung der Schwere Wärme von ihren kälteren, oberen Teilen nach den wärmeren, tieferen zu leiten, durch die auf- und absteigende Bewegung der kleinsten Teile der Gase. Die in ihrer Höhe begrenzten Atmosphären werden diese Aufgabe der Wärmerückleitung nur sehr unvollständig erfüllen. Sollte es aber eine allgemeine Weltraumatmosphäre geben, noch vielmal leichter als das Koronium, deren Atome, wenn auch noch so klein, der Schwere der Massenanziehung nicht ganz entzogen sind, so wäre diese Atmosphäre geeignet, alle von den Sonnen des Weltraumes ausgestrahlte Energie aufzunehmen und zu den Zentralkörpern, von denen sie stammt, zurückzuleiten.

So weit Prof. Aug. Schmidt über die Physik der Sonne.

Weiteres und sichereres Material zur Erkenntnis der Vorgänge auf der Sonne und den ihr verwandten Fixsternen herbeizuschaffen, sind unablässig die Sonnenwarten bemüht, deren jüngste, die Sonnenwarte auf dem Mount Wilson in Kalifornien, für diese Aufgabe besonders günstig gelegen

und ausgestattet ist.*) Das horizontal liegende Riesenfernrohr ruht in einem 50 Meter langen Gebäude, das mit Rücksicht auf die außen und innen stets in gleicher Höhe zu haltende Temperatur besonders sorgfältig hergestellt ist. Wie ein riesiger Drache liegt und lauert es mit seinen eigenartig konstruierten, segeltuchbekleideten, nach innen abgetreppten Wänden auf der steilen, waldumkränzten Felskuppe. Das Fernrohr, ein sogenannter Cölostat mit einem Spiegel von 75 Zentimeter Durchmesser, ist von außerordentlich großer Brennweite, so daß das zur Betrachtung kommende Sonnenbild 40 Zentimeter Durchmesser zeigt, während das Riesenrohr der Yerkeswarte, das nächstgrößte der Erde, nur ein solches von 17·5 Zentimeter Durchmesser erzeugt. In demselben Raume befindet sich ein Spektroheliograph, ein Apparat zur Photographie der von den Sonnenelementen ausgehenden Spektra, zur photographischen Prüfung der Sonnenatmosphäre und zum genaueren Studium der Flecken, Fackeln und Protuberanzen. Sowohl das vom Spiegel aufgefangene Sonnenbild wie auch die photographische Platte werden durch elektrisch betriebene Uhrwerke dem Laufe der Sonne entsprechend gedreht.

Außer diesem neuen Fernrohre ist noch ein zweites von der Yerkessternwarte nach dem Mount Wilson gebracht, dessen niedrige geographische Breite Prof. Barnard zur Beobachtung der Teile der Milchstraße benützen will, die von den nördlicher gelegenen Observatorien nicht sichtbar sind. Außerdem will man die sehr reine und durchsichtige Atmosphäre benützen, um recht klare Photographien der großen Nebelhaufen des Sternenhimmels zu gewinnen. Besondere Aufmerksamkeit soll aber der Physik der Sonne gewidmet werden, da wir von ihr auch weitere Aufschlüsse über die Beschaffenheit der anderen Fixsterne zu erwarten haben.

Merkwürdig sind die vor kurzem von Lane Poor entdeckten schwingenden Veränderungen in der Gestalt der Sonne, deren Feststellung ihm auf Grund der Ausmessung photographischer Aufnahmen der Sonne und der von Auwers veröffentlichten Heliometermessungen gelang.**) Auwers selbst glaubte, aus seinen Messungen nicht auf eine solche Gestaltveränderung schließen zu dürfen, sondern nahm Beobachtungsfehler an. Lane Poor dagegen stellt einen deutlichen Gang für den Unterschied des polaren und äquatorialen Sonnendurchmessers fest. Ja noch mehr: eine bildliche Darstellung des Verlaufes dieser Änderungen zeigt überraschenderweise ein völliges Parallellaufen dieser Kurve mit der Kurve der Sonnenflecken. Die Sonne erscheint danach als ein schwingender Körper, und der Verlauf der Schwingungen stimmt mit dem Verlaufe der Fleckenperioden überein; gewöhnlich ist der Äquatordurchmesser der Sonne um ein weniges größer als der Polardurchmesser, zur Zeit der Fleckenminima wird jedoch der letztere vorübergehend der größere. Allerdings warnt L. Ambronn***) vor so weitgehenden Schlußfolgerungen, da die von Poor berechneten Abweichungen der Sonnengestalt innerhalb der Grenze der bei solchen Berechnungen möglichen Fehler lägen, also wahrscheinlich gar nicht vorhanden wären. Was Ambronn von „billigen Hypothesen" sagt, die heute bestehen und morgen durch eine bessere Reihe von Beobachtungen über den Haufen geworfen werden können, verdient gewiß Beachtung.

Über die Temperatur der Sonne, die vor einigen Jahren von Wilson auf 6590° C geschätzt war, hat der durch seine Darstellung hoher Temperaturen bekannte Franzose Henry Moissan kürzlich eine abweichende Meinung aufgestellt.*) Von der Destillationshitze des Elements Titanium im elektrischen Ofen schließt er auf die Temperatur, die in den Partien des Sonnenkörpers herrschen muß, in denen nach Ausweis des Sonnenspektrums flüchtiges Titanium sich befindet. Die von ihm zur Verflüchtigung des Titaniums angewandte Temperatur wurde auf ungefähr 3500° C bestimmt. In Anbetracht dessen, daß der in der Sonnenatmosphäre herrschende Druck unbestimmt ist, schließt Moissan, daß die wahrscheinliche Temperatur der Sonne zwischen Wilsons Schätzung von 6590° C und dem von Violle erhaltenen Werte, nämlich 2000 bis 3000° C, liegt, wahrscheinlich komme aber der letztere Wert der Wahrheit näher.

Dagegen bleibt W. Wundt**) auf Grund einer eingehenden Untersuchung bei dem alten Resultat, daß die wahre Sonnentemperatur bei Ausschluß der Lumineszenz zwischen 6000 und 7000° liege, und daß ferner kleine Variationen der Sonnentemperatur festgestellt seien, die sich in einem Falle auf ungefähr 120° C beliefen.

Aus dem Spektrum der Sonnenflecken hat W. M. Mitchell nach sorgfältigem Studium höchst bemerkenswerte Schlüsse gezogen, die wir hier unter Übergehung der Beobachtungsresultate anführen.***) Danach sind die Sonnenflecken Stellen höherer Temperatur, verursacht durch erhitzte Dämpfe des Sonneninnern, welche langsam durch die Wolken der Photosphäre emporbringen und sie verflüchtigen. Anfangs von gewaltiger Hitze, kühlen die Dämpfe sich infolge der Ausdehnung und Ausstrahlung ab, so daß sich über ihnen in Form von Wolken und Nebeln bald neue Trübungen bilden, die das Zeichen des Beginnes der Fleckenauflösung sind. Sicherlich liegen die Sonnenflecken unterhalb der Chromosphäre, und zwar unterhalb der Schicht derjenigen Elemente, die ein Atomgewicht von ungefähr 50 besitzen, also z. B. des Titan, Vanadium, Chrom, Skandium, Eisen, Nickel.

Ein vorgeschrittenes Stadium der Abkühlung gegenüber der Sonne und den ihr gleichenden Fixsternen stellen die Sterne vom IV. Secchischen Typus (Vogel bezeichnet sie als Klasse III b) dar, deren Spektra kürzlich mit den lichtstarken Fernrohren des Yerkessternwarte von Hale, Ellermann und Parkhurst untersucht sind.†) Man zählt nur wenige, dem Auge schon durch ihre rote Farbe auffallende Sterne zu dieser Spektralklasse, für die vor allem das Auftreten der dem Cyan und dem Kohlen=

*) Publicat. of the Astron. Society of the Pacific, vol. 17, No. 101.
**) Astrophys. Journ., Bd. 22, (1905), Nr. 2 u. 5.
***) Astron. Nachr., Nr. 4086.

*) Comptes rend., Bd. 142, Nr. 12.
**) Physikal. Zeitschr., 7. Jahrg. (1906), Nr. 11.
***) Astrophys. Journ., Bd. 22 (1905), Juli.
†) Naturw. Wochenschr., Bd. 4, Nr. 48.

wasserstoffe eigentümlichen Banden charakteristisch ist. Die Untersuchungen der drei amerikanischen Gelehrten haben festgestellt, daß außer den genannten beiden Elementen noch Wasserstoff, Kalzium, Mangan, Stickstoff, Eisen, Chrom, Titan, Nickel und zwei oder drei nicht bestimmbare Stoffe auf diesen Sternen vorhanden sind. Die Metall- und Kohlenstoffdämpfe sind sehr dicht und liegen vermutlich unmittelbar über der Photosphäre; doch werden diese Dämpfe noch von Gasschichten überlagert, die helle Linien im Spektrum erzeugen, aber nicht mit bekannten Elementen identifiziert werden können. Verschiedene Umstände lassen auf eine verhältnismäßig niedrige Temperatur der absorbierenden, das Licht der tieferen Lagen verschluckenden Schichten schließen. Diejenigen Linien, die in den Sonnenflecken verbreitert erscheinen, treten auch im Spektrum der Fixsterne vom IV. Typus als starke, dunkle Linien hervor, so daß auf jenen Sternen vielleicht eine starke Fleckenbildung anzunehmen ist. — Wenden wir unsere Aufmerksamkeit nun zum Schlusse des Abschnittes noch einen Augenblick den veränderlichen Fixsternen zu.

Auf merkwürdige Vorgänge, zu deren Erklärung uns noch sozusagen alles fehlt, deuten Beobachtungen an den Veränderlichen in den Sternhaufen Messier 3 und Messier 5, von denen E. C. Pickering berichtet.*)

In dem ersten der genannten Sternhaufen ist nach den Beobachtungen Baileys jeder siebente, im zweiten jeder elfte Stern veränderlich. In Messier 3 sind photographisch 129, in Messier 5 bisher 87 Veränderliche erkannt, und bei der Mehrzahl ist auch der Verlauf der Veränderung festgestellt. Die Ähnlichkeit der Lichtschwankungen der variablen Sterne in den beiden Haufen ist gleich auffallend; die in Messier 3, deren Periode festgestellt werden konnte, haben eine Periode von annähernd 13 Stunden, die in Messier 5 eine solche von 12 Stunden 45 Minuten. Die größte Abweichung von diesen Mittelwerten beträgt, abgesehen von zwei Sternen mit sehr langer Periode, nur 4—5 Stunden. Alle diese Veränderlichen sind bemerkenswerterweise von ungefähr derselben Helligkeit, zwischen 13. und 16. Größe. Die Lichtkurve hat einen eigenartigen Verlauf. Der Stern bleibt nur 1% der Periode im Stande größter Helligkeit, im Maximum, dagegen 40% der Zeit im Minimum; die Dauer der Lichtabnahme beträgt etwa 50%, die der Lichtzunahme 9%. Alle Erklärungen, die man sonst für die Veränderlichkeit heranzieht, versagen diesen beiden Gruppen gegenüber.

Sehr großem Interesse begegnen stets die Bemühungen, die Geschwindigkeiten von Fixsternen in der Gesichtslinie (im Visionsradius) zu bestimmen.**) Dahingehende Messungen hat der Astronom Slipher im Sommer und Herbst 1905 mit dem Lowellschen Spektrographen an zehn Gestirnen, die zu den spektroskopischen Fundamentalsternen gehören und als solche nach ihrer Geschwindigkeit im Visionsradius möglichst genau bestimmt werden sollen, ausgeführt. Man bezeichnet eine Geschwindigkeit, die den Stern der Sonne näherführt, als negative (—), eine, die ihn von uns entfernt, als positive (+).

Die Ergebnisse der Beobachtungen Sliphers verdienen das größte Vertrauen (immer die Zuverlässigkeit der ganzen Methode vorausgesetzt, siehe Jahrb. III, S. 139) und dürften bis auf ½ Kilometer genau sein. Danach besitzen diese Sterne, auf die Sonne bezogen, in der Sekunde folgende Geschwindigkeiten:

α Arietis (Widder)	— 14·3 *km*
α Persei	— 2·5 *km*
β Leporis (Hase)	— 13·0 *km*
β Geminorum (Zwillinge)	+ 3·3 *km*
α Bootes	— 4·7 *km*
β Ophiuchi (Schlangenträger)	— 11·3 *km*
γ Aquilae (Adler)	— 2·1 *km*
ε Pegasi	+ 6·1 *km*
γ Piscium (Fische)	— 11·3 *km*
γ Cephei	— 41·9 *km*

Von den sicher bestimmten Sternen hat bisher θ Canis majoris (Großer Hund) die größte positive (+ 96 Kilometer), μ Cassiopejae die größte negative Geschwindigkeit (— 97 Kilometer).

Die Bewegungen der Fixsterne in der Gesichtslinie sind bekanntlich zum Teil nur scheinbare Bewegungen, uns vorgetäuscht durch das Fortschreiten der Sonne im Weltraum. Über den Grund dieser Fortbewegung der Sonne hat kürzlich Karl Schultz in Hannover eine nicht unbegründete Hypothese ausgesprochen, die sich auf das Dasein der riesigen Nebel im Weltall stützt.

Derartige ausgedehnte Nebelmassen werden fortwährend entdeckt. Der Heidelberger Astronom Max Wolf hat ihrer mehrere auf seinen neuesten Aufnahmen festgestellt, einen viele Quadratgrade bedeckenden im Großen Hund und Einhorn, einen zweiten, ebenfalls sehr ausgedehnten, aber lichtschwachen im Stier und einen dritten, ebenfalls viele Quadratgrade großen, recht strukturreichen an der Grenze von Kassiopeja und Perseus.*) Von diesen letzteren, schon sehr lichtschwachen Objekten ist nur ein Schritt zu den dunklen Nebeln, mit deren Vorhandensein uns das Aufleuchten der Nova im Perseus und die Kalziumlinie im Spektrum des Sternes δ Orionis bekannt gemacht haben. Angesichts dieser Entdeckungen, meint K. Schultz,**) gewinnt die Annahme an Wahrscheinlichkeit, daß außer den wenig oder gar nicht leuchtenden festen Körpern ebenso eine bedeutende Anzahl solcher nicht leuchtenden Nebel im Raume vorhanden sei; die einzelnen sternlosen Flecke am Himmel könnten sehr wohl durch dunkle Gasmassen von sehr großer Ausdehnung verursacht sein, die wegen ihrer Dichtigkeit und ihres bedeutenden Volumens die hinter ihnen stehenden leuchtenden Sterne unseren Blicken entzögen. Diese Annahme ist jedenfalls wahrscheinlicher als die, daß gerade an jenen einzelnen Stellen des Himmels überhaupt keine Sterne vorhanden wären.

Schultz hat früher schon nachgewiesen, daß die Sonne sich nicht in gerader Linie, sondern in einer gekrümmten, und zwar in einer stark exzentrischen elliptischen Bahn bewege. Daß uns diese Bahn bisher als geradlinig erscheine, komme eben

*) Harvard Coll. Observ. Circul. Nr. 100.
**) Das Weltall, 6. Jahrg., Heft 7.

*) Astron. Nachr., Nr. 4082.
**) Das Weltall, 6. Jahrg., Heft 9.

daher, daß sie sehr exzentrisch sei. Die sehr große Geschwindigkeit der Sonne von rund 20 Kilometern in der Sekunde lasse sich nur erklären, wenn wir uns als Zentrum der Bahn einen dunklen Körper vorstellen, der so weit entfernt sei, daß er auch die entferntesten Planeten in ihrer Bahnbewegung nicht störe; denn solche Störungen sind bisher nicht festgestellt. Dazu brauche er aber nicht so weit entfernt zu sein, wie es für die nächsten leuchtenden Fixsterne tatsächlich festgestellt ist, es dürfte schon der hundertste, vielleicht gar der tausendste Teil der Siriusentfernung genügen.

Da die Sonne nicht mit einem anderen Fixstern ein Doppelsystem bildet, so muß der sie festhaltende Körper, wenn er tatsächlich vorhanden ist, in einer größeren, gasförmigen Zentralmasse bestehen, von der sie vorzeiten zum Umlauf um den beiderseitigen Schwerpunkt gezwungen wurde.

So wichtig die Sonne für den Haushalt unseres Planetensystems auch ist, im Weltganzen spielt sie sicherlich eine sehr unbedeutende Rolle, wie ein Vergleich ihrer Lichtstärke mit dem Lichte anderer Fixsternsonnen ergibt. G. C. Comstock*) hat kürzlich eine Tabelle der wahren Leuchtkraft von 25 Sternen erster und zweiter Größe aufgestellt, deren Entfernungen durch Bestimmung ihrer Parallaxen ermittelt sind. Danach wäre die Helligkeit der drei Sterne Canopus, β Crucis und Rigel 55.000-, 22.000- und 14.000mal so groß wie die Leuchtkraft der Sonne; die übrigen 22 hätten im Vergleiche zu unserer Sonne folgende Lichtstärken:

Arctur	996	Pollux	87
Antares	525	α im Gr. Bär.	66
Beteigeuze	490	β Tauri (Stier)	60
α Gruis (Kranich)	456	α Persei	43
Acharnar	355	Aldebaran	34
Castor	288	Sirius	33
Regulus	263	ε im Gr. Bär.	30
α Crucis (Kreuz)	173	Fomalhaut	21
β Centauri	160	Prokyon	6
Capella	151	α^2 Centauri	2
Wega	120	Atair	1

Wir finden diese Gestirne zum großen Teile unter den Nachbarn unseres Sonnensystems, deren Nähe und Lage im Jahrbuch II (S. 19 bis 23 und S. 321) angegeben wurde. Offenbar ist für die drei oberhalb der Liste genannten die Lichtstärke so unwahrscheinlich groß, daß wir einen Fehler in der Bestimmung ihrer Parallaxen annehmen müssen. Diese sind offenbar zu klein, ihre Entfernungen also zu groß angenommen. Auch die Lichtstärkezahlen für die dann folgenden sieben Fixsterne dürften durch schärfere Parallaxenbestimmung noch wesentlich herabgedrückt werden. Aber es werden sicherlich verschiedene Sterne der ersten und zweiten Größenklasse und daher noch viele unter den weiter entfernten schwächeren übrigbleiben, die mehr als hundertmal so viel Licht ausstrahlen als die Sonne.

Als Typus solcher Riesensonnen kann der Arctur gelten, den wir im Sternbilde des Bootes unweit des Großen Bären leicht auffinden. Seine große Leuchtkraft kann bei ähnlicher physischer Beschaffenheit wie unsere Sonne nur von entsprechend großer, also mehrhundertfacher Oberfläche herrühren. Auch die Lichtfülle des Canopus, des nächst dem Sirius größten Fixsternes am südlichen Sternhimmel, muß auf jeden Fall sehr groß sein.

*) Astrophys. Journal, Bd. 23, 251; Nat. Rundsch., Jahrg. 21, Nr. 23.

Trabanten, Kometen und Meteoriten.

Im vorigen Jahrbuch durften wir an der Legitimität der so plötzlich aufgetauchten neuen Jupiter- und Saturntrabanten noch berechtigte Zweifel hegen. Inzwischen aber haben neue Beobachtungen und Berechnungen gezeigt, daß wir es in der Tat mit echten Monden zu tun haben, und Prof. Berberich, der solchen Zweifeln begründeten Ausdruck gegeben hat, läßt jetzt diesen für uns neuen Bürgern unseres Sonnensystems völlige Gerechtigkeit widerfahren.*)

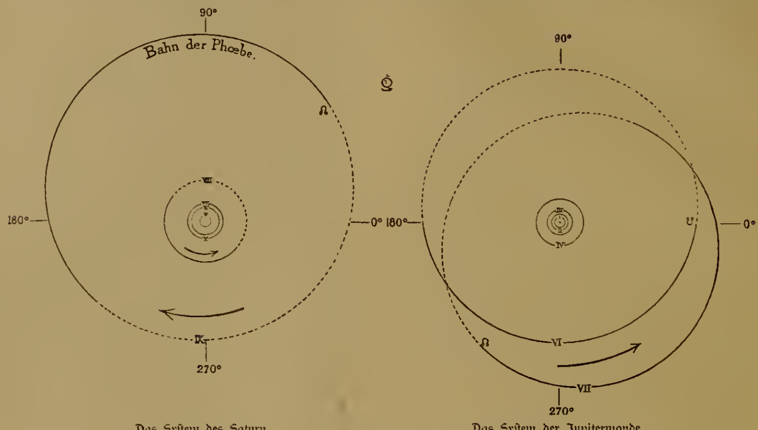
Daß wir sie nicht eher entdeckt haben, ist übrigens kein Wunder. Phöbe, der 9. Saturnmond, erfordert mindestens 60 Minuten Belichtungszeit der Platte, um auf ihr sichtbar zu werden; aber auch bei viel längerer Dauer war ihre Spur oft unauffindbar, weil infolge zu rascher Bewegung des Saturnsystems der Strich auf der Platte zu lang und darum zu schwach wurde. Die genaue Feststellung ihrer Bahn hat viel Mühe gemacht. Ihre Umlaufszeit, bis auf Stunden genau, beträgt etwas mehr als 550 Tage, die Exzentrizität (Abweichung der Bahn vom Kreise) 0·1659, die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 174·5° und gegen den Saturnsäquator 148·3°. Die Abweichung der Bahn vom Kreise ist im Vergleich mit Bahnen älterer Planetentrabanten sehr groß. Auch mit ihrer Rückläufigkeit paßt Phöbe in die gewöhnlichen Anschauungen von der Anordnung des Planetensystems oder der Trabantensysteme (nach Laplace) durchaus nicht mehr hinein. An ein „Einfangen" der Phöbe durch Störungen, wie man es für die periodischen Kometen kurzer Umlaufszeit annimmt, ist nicht zu denken. Der neunte Trabant war niemals ein Komet, sondern scheint vom Ursprung an zum Saturnsystem zu gehören.

Die Betrachtung der verschiedenen Platten, auf denen Phöbe von guter Sichtbarkeit bis zu kaum auffindbarer Spur abgebildet war, hat zu der Erkenntnis geführt, daß der Trabant erhebliche Veränderlichkeit der Helle, etwa um 1·5 Größenklassen, zeigt, also fast so viel wie die Schwankungen des Japetus, seines Bruders, betragen. Diese Veränderlichkeit ist wie bei den anderen Saturnsmonden von der Stellung der Phöbe in ihrer Bahn bedingt und beweist, daß sie wie die anderen Trabanten dem Saturn immer dieselbe Seite zukehrt. Von der Oberfläche dieses neuen Mondes muß aber die eine Hälfte das Sonnenlicht etwa viermal stärker zurückstrahlen als die andere, die beiden Seiten sind also von ganz verschiedener Naturbeschaffenheit.

Da die Phöbe in ihrer größten Helligkeit, mit dem 40zölligen Yerkesrefraktor betrachtet, an der Grenze der Sichtbarkeit in diesem Riesenfernrohre stand, so wäre ihre Größe schwankend zwischen 16·5 und 18, im Durchschnitt also 17·2. Die Themis, der 10. Saturnmond, kann dann als 17·5. Größe geschätzt werden ohne erhebliche Lichtschwankung.

*) Die neuen Planetentrabanten. Nat. Rundsch. 1906, Nr. 10.

Diese beiden neuen Glieder des Saturnsystems erscheinen also um neun Größenklassen schwächer als Titan, der größte Saturnsmond, der etwas größer als der Erdmond sein dürfte. Nimmt man den Titandurchmesser zu rund 4000 Kilometer an und setzt man für die neuen Trabanten (wohl nicht zutreffend) gleiche Reflexionsfähigkeit (Zurückwerfung des Sonnenlichtes) voraus, so wären die Durchmesser der Phöbe und der Themis etwa gleich 60 Kilometer. Erstaunlich, daß sie da noch entdeckt wurden, zumal das Sonnenlicht die Körper in Saturnsferne fast hundertmal schwächer erleuchtet als bei uns. Prof. Berberich berechnet, daß uns die beiden Trabanten beim Saturn etwa so erscheinen wie auf der Erde eine Kugel von 1 Zentimeter Durchmesser in 2500 Kilometer Entfernung!



Das System des Saturn. Das System der Jupitermonde.
(In der Mitte oben zum Größenvergleich das System Erde-Mond.)

Dennoch ist die Entdeckung dieser zwei Trabanten sehr wertvoll, und wäre es auch nur deshalb, weil sie uns wieder daran erinnern, daß die Weltbauhypothese von Laplace mehr schön als richtig ist. Bei der Phöbe liegt die Bedeutung in der Rückläufigkeit, bei der Themis in der abnormen Form und Lage ihrer Bahn und darin, daß ihre Periode (Umlaufszeit) der des Hyperion, eines anderen Saturntrabanten, nahezu gleich ist. Der mittlere Abstand der Themis vom Saturn beträgt 1,457.000 Kilometer, die Exzentrizität 0·215, woraus sich als kleinste und größte Entfernung vom Saturn 1·14 und 1·77 Millionen Kilometer ergeben. Die Umlaufszeit umfaßt 20·85 Tage. Die Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik beträgt 39°, gegen den Saturnäquator etwa 12°. In ihrer Saturnnähe steht die Themis 100.000 Kilometer innerhalb der Titanbahn, in der Saturnferne weit jenseits der Hyperionbahn. Die Kreuzung der Themis- und der Titanbahnlinien findet gegenwärtig bei nur 21.000 Kilometer Abstand statt, das ist $^1/_{20}$ der Entfernung Mond—Erde. Wehe ihnen, wenn da die Weiche einmal falsch gestellt wird; und das ist leicht möglich, denn da die Bahnen sich ständig verschieben und verändern, so kann dieser Abstand noch sehr viel kleiner werden, und ein Zusammenstoß des kleineren Trabanten mit Titan ist nicht unmöglich. Ein Wunder, daß Themis bisher heil davongekommen. So bildet sie ein interessantes Gegenstück zu den kurzperiodischen Kometen im Sonnensystem mit ihren meist ganz unbeständigen Bahnen.

Auch der Entdecker der beiden neuen Jupitermonde hat mit seiner Anschauung gegen die Zweifler recht behalten. Die nach zahlreichen Aufnahmen ausgeführte Berechnung ihrer Bahnelemente hat folgendes ergeben: Für den VI. Mond beträgt die Umlaufszeit 253·4 Tage, die Exzentrizität 0·16, der kleinste, mittlere und größte Abstand vom Jupiter 9·71—11·56—13·41 Millionen Kilometer, die Neigung gegen den Jupiteräquator und die Jupiterbahn 28·4 bezw. 26·2°. Die Umlaufszeit des VII. Mondes scheint wenig von der des VI. abzuweichen, die Exzentrizität steht ebenfalls noch nicht genau fest, scheint aber beträchtlich zu sein. Die Bahnneigung beträgt gegen Bahn und Äquator des Jupiter 31—32°. Beide Monde laufen aber wie die altbekannten Jupitertrabanten von West nach Ost um den Jupiter, sind also rechtläufig im Gegensatz zu der rückläufigen Phöbe.

Interessant sind die möglichen Beziehungen der beiden neuen Trabanten zu dem periodischen Kometen Brooks (1889, V), der sich 1889 teilte. Er kam dem Jupiter am 20. Juli 1886 auf den Abstand des V., damals noch nicht entdeckten Mondes nahe; aber während er von den vier ersten Trabanten viel zu weit entfernt blieb, um von ihnen eine Bewegungsstörung oder Gestaltänderung zu erleiden, läßt sich vom V., innersten Mond nicht sicher angeben, an welcher Stelle seiner Bahn er damals gestanden hat. Darum ist ein Zusammentreffen beider Gestirne nicht ausgeschlossen und die Folge davon könnte die 1889 so großes Aufsehen erregende Kometenteilung gewesen sein. Die Existenz des VI. und VII. Mondes und vielleicht noch ähnlicher Begleiter der Jupiter in großem Abstande gibt für die Ursache der Kometenteilung wieder neue Möglichkeiten, die jedoch erst nach genauer Bestimmung

der Bahnen dieser neuen Trabanten zu prüfen sein werden. Gar so klein sind letztere nicht, ihre Durchmesser dürften 120 und 50 Kilometer betragen gegen rund 200 beim V. Mond.

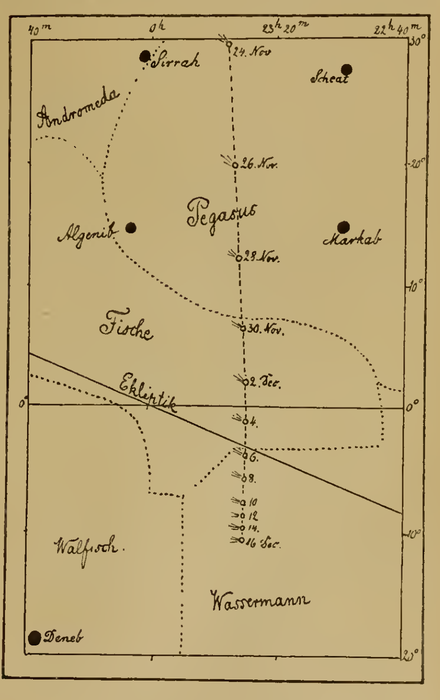
Auch unter den Jupitertrabanten zeigen einige einen Wechsel oder Schwankungen in der Helligkeit; diese Helligkeiten variieren innerhalb Perioden, die mit den Umlaufszeiten dieser Monde um den Jupiter übereinstimmen, so daß wir daraus auf die Gleichheit der Umdrehungsdauer (Rotation) mit der Umlaufszeit zu schließen berechtigt sind.

Zur Erklärung dieser Helligkeitsschwankungen hat man teils die von manchen Beobachtern behauptete ellipsoidische Gestalt der Trabanten, teils die auf ihnen gelegentlich wahrgenommenen hellen Flecken herangezogen. Eine andere, vielleicht etwas wahrscheinlichere Hypothese hat P. Guthnick in einer Schrift über die Rotationsdauer der vier älteren Jupitertrabanten aufgestellt.*) Er nimmt an, daß die Äquatorebenen der Trabanten merklich gegen den Planeten geneigt sind und daß die Oberflächen der drei inneren Trabanten stellenweise spiegelnde Beschaffenheit (Wasser?) haben. In solchem Falle würde sich das Gesamtlicht eines solchen Trabanten aus dem zerstreut zurückgeworfenen Lichte seiner Gesamtoberfläche und dem von den Spiegelflächen erzeugten Sonnenbildchen zusammensetzen. Wird nun im Verlaufe der Rotation des Trabanten das nach der Erde zu gespiegelte Sonnenbild durch ein nicht spiegelndes, in der Spiegelfläche inselartig auftretendes Flächengebilde für kurze Zeit ausgelöscht, so muß sich das für unsere Beobachtung als eine plötzlich auftretende, aber auch schnell wieder aufgehobene Lichtverminderung (Minimum) bemerkbar machen. Gelegentlich könnte aber ein solches Minimum, wie das auch schon tatsächlich beobachtet ist, ausfallen, wenn nämlich die Stellung von Sonne, Erde und Jupiter zueinander eine solche ist, daß infolge der merklichen Neigung des Trabantenäquators die „Insel" an dem Spiegelbilde der Sonne vorbeigeht, ohne es zu verdecken. Sicherlich erzeugt die Sonne auch auf unseren Ozeanen ein riesiges Spiegelbild.

Die Sonnenfinsternisbeobachtungen im Jahre 1905 boten unter anderem Gelegenheit, die Frage nach einem innerhalb der Merkursbahn laufenden (intramerkuriellen) Planeten aufs neue zu erörtern. Die photographisch angestellte Suche, die Prof. Schorr, der Direktor der Hamburger Sternwarte, auf den zu Sonk-Ahras in Algier gewonnenen Photogrammen vornahm, haben bisher kein zweifellos unbekanntes, also als der gesuchte Planet zu deutendes Sternchen ergeben; doch sind die Untersuchungen aller Platten wohl noch nicht abgeschlossen.

Unfreiwillige Sonnentrabanten in Gestalt von Kometen**) sind in den Jahren 1905 und 1906 in beträchtlicher Anzahl erschienen. Anfangs schien die Kometenausbeute des Jahres 1905 eine sehr magere bleiben zu sollen, denn bis Anfang November war dem Sonnensystem erst ein einziger dieser blanken Weltfische ins Netz gegangen, der am 26. März von Giacobini in Nizza entdeckte, sehr lichtschwache Komet 1905 a. Als Objekt 12. Größe war er nur in den lichtstärksten Teleskopen sichtbar, Ende Mai entzog er sich auch der Betrachtung durch diese, und die Beobachtungen dieser zwei Monate lassen sich am besten in einer ellipsenförmigen Bahn von 200 Jahren Umlaufszeit darstellen.

Erst am 7. November wurde von Schaer, dem Adjunkten der Sternwarte zu Genf, in der Nähe des Pols im Sternbilde des Cepheus ein zweiter Komet, 1905 b, erschaut, der am Tage der Entdeckung schon 7. Größe war, eine runde Nebelhülle zeigte und wenige Tage später dem bloßen Auge sichtbar wurde. Seine auffallend schnelle Bewegung südwärts dem Äquator zu, den er schon am 3. Dezember erreichte, ließ auf große Erdnähe schließen. Er verlor schnell an Helligkeit und konnte nicht lange beobachtet werden, seine Bahn wich wohl nicht von einer parabolischen ab. Vor seinem Verschwinden zeigte er neben mehreren kurzen, unscharfen Ausströmungen einen langen, dünnen, schwachgekrümmten schwachen Schweif.



Lauf des Schaerschen Kometen 1905 b vom 24. Nov. bis 16. Dezemb. 1905

Noch bevor der Schaersche Komet unsichtbar geworden war, entdeckte wiederum Giacobini am 6. Dezember den Kometen 1905 c, und zwar als Stern 8. Größe im Sternbilde des Bootes oberhalb des rötlichen Arctur. Er hatte am 23. Januar 1906 seine größte Sonnennähe überschritten,

*) Publikationen der Sternwarte des Herrn v. Bülow zu Bothkamp, 1906.

**) Nach Astron. Nachr., Bd. 169—171, Monthly Notices of the Royal Astr. Soc., vol. 46, No. 4, und Das Weltall, 6. Jahrg.

die Sonne überholt und zeigte sich seit diesen Tagen am Abendhimmel sichtbar und bedeutend heller als zur Zeit seiner Entdeckung.

Ferner zeigte nach Mitteilungen vom Lowell-Observatorium eine am 29. November exponierte Platte zwei Kometen, die als 1905 d und e zu bezeichnen wären. Eine Bestätigung dieser beiden durch anderweitige Beobachtungen steht noch aus.

Das Jahr 1906 scheint hinter seinem Vorgänger hinsichtlich der neuen Kometenentdeckungen nicht zurückbleiben zu wollen. Schon am 26. Januar entdeckte Brooks in Nordamerika im Sternbilde des Herkules einen nichtperiodischen Kometen (1906 a), der anfangs zirkumpolar war, d. h. vorläufig nicht unterging und von Sonnenuntergang bis zum Morgen beobachtet werden konnte. Da er 10. Größe war, so zeigten ihn nur lichtstarke Fernrohre, zumal er an Helligkeit zusehends abnahm.

Am 3. März entdeckte Kopff auf dem Astrophysikalischen Institut Königsstuhl-Heidelberg den Kometen 1906 b, dessen tägliche Bewegung äußerst gering war und beträchtliche Entfernung von der Erde verriet. Der Kern erschien anfangs als Stern 11. Größe, er besaß einen auf den photographischen Platten einen halben Grad langen Schweif, der vor dem Kometen herging. Er muß bereits am 6. November 1905 in Sonnennähe gestanden haben, ist also erst lange nach seinem Periheldurchgang entdeckt worden. Aus den bisherigen Beobachtungen läßt sich zwar eine Ellipse als Bahn ableiten, aber mit einer Umlaufszeit von 1153½ Jahren!

Ein dritter Komet 1906 c wurde von Roß am 18. März auf der Sternwarte von Melbourne entdeckt. Er stand mit nordöstlich gerichteter Bewegung als Stern 8. Größe im Sternbilde des Walfisches, hatte seine Sonnennähe gleichfalls schon überschritten und entfernte sich von uns. Der Abstand von der Erde betrug Ende März bereits mehr als 20 Millionen Meilen. Da der Komet zu den nichtperiodischen gehört, so wird er in kurzem auf Nimmerwiedersehen im Weltall verschwunden sein.

Am 11. Juli 1906 wurde von dem Astronomen A. Kopff in Heidelberg der im Jahre 1886 auf der Kapsternwarte von Finlay entdeckte und nach ihm benannte Finlaysche Komet, ein periodischer Komet mit 6·6 Jahren Umlaufszeit, aufgefunden. Derselbe Beobachter fand am 22. August 1906 auf photographischem Wege den ebenfalls periodischen, in etwa 6·9 Jahren umlaufenden Kometen Holmes, den man 1892 entdeckt hatte, wieder. Beide hatten schon geraume Zeit vor ihrem Auffinden am Himmel gestanden.

Die Bildung der Kometenschweife und die Störungen, die an ihnen wahrnehmbar sind, pflegt man hauptsächlich der Wirkung der Sonne zuzuschreiben. Barnard*) hat jedoch neuerdings darauf hingewiesen, daß sich mit dieser Ansicht die in den letzten 15 Jahren gewonnenen Kometenphotographien nicht immer in Einklang bringen lassen, und stellt deshalb statt der einen Hauptursache deren drei auf, die zusammenwirkend die merkwürdigen Schweifbildungen entstehen lassen sollen.

*) Astrophys. Journal, Bd. 22, Novemb.

Danach übt erstens die Sonne im Kern des Kometen eine störende Wirkung aus und bestimmt die Hauptrichtung des Schweifes.

Der Komet selbst scheint von einer stark abstoßenden Kraft erfüllt zu sein, welche die Materie, die die verschiedenen Schweife bildet, hinausbefördert. Das beweisen die Nebenschweife, die oft unter großem Winkel gegen die Sonnenkraft gerichtet sind und von ihr nicht ersichtlich beeinflußt werden; denn sie müßten, anstatt zumeist geradlinig zu verlaufen, in der Richtung des Radiusvektors gebogen erscheinen.

Drittens endlich sind in nicht seltenen Fällen auch äußere, mehr zufällige Einflüsse für die photographisch schon vielfach festgestellten Verdrehungen und Ablenkungen der Kometenschweife verantwortlich. Diese unberechenbaren Einflüsse scheinen in einer Art Widerstand von fein, aber nicht gleichmäßig im Raume verteilter Materie zu bestehen, etwa von Meteormassen oder anderen uns noch unbekannten Stoffen.

Den starken Widerstand, der manchmal die Bewegung der Schweifmaterie hemmt, zeigt Barnard scharfsinnig durch Übereinanderlegen zweier, an aufeinanderfolgenden Tagen hergestellten Aufnahmen des Kometen 1893 IV. Indem er die auf den beiden Platten sichtbaren Fixsterne zur Deckung brachte, ergaben sich natürlich zwei nebeneinander liegende, um den Betrag der 24stündigen Bewegung verschobene Kometenbilder. Ihre beiden Schweife laufen jedoch nicht parallel, sondern vereinigen, eigentlich kreuzen sich am Ende, so daß also die das Schweifende bildenden Stoffe die Bewegung des Kometen nicht mitgemacht haben, sondern offenbar durch eine Art Widerstand gehemmt wurden. Derartige Erscheinungen würden sich noch viel klarer zeigen, wenn die Schweifentwicklung in kürzeren Abständen als 24 Stunden studiert würde.

Eine der vorstehend geschilderten ganz ähnliche Bewegung der Schweifmaterie auf einem zur Sonne konvexen Bogen hat Pickering an dem Kometen 1892 I nachgewiesen (Astron. Nachr., Nr. 4081.)

Kommen wir schließlich auf die kleinsten in unserem Planetensystem erscheinenden Weltkörper, die Meteorsteine u. Sternschnuppen, so ist vor allem eine Zusammenfassung der Beobachtungen über zwei helle Meteore des Jahres 1905*) durch Dr. P. Moschick von Interesse. Am Abend des 3. August 1905 tauchte kurz vor 9 Uhr ein glänzendes Meteor auf, das in der ganzen Schweiz, in Baden, Württemberg, Rheinland und Thüringen sichtbar war, aber auch in Prag, Leipzig, Berlin und sogar in Moskau beobachtet wurde. Seine für die süddeutschen Beobachter fast wagrechte Bahn legte es nur langsam „eigentümlich schlingernd" oder „zögernd, unsicher und unverkennbar zitternd" zurück. Von dem gelblichweiß leuchtenden Meteor lösten sich gegen Ende der Erscheinung einzelne stark rot gefärbte Teile ab, die aus der Flugbahn heraus gegen die Erde fielen, bis zuletzt auch der weiße Kern verschwand. Er soll nach einigen Beobachtern Vollmondgröße erreicht haben und hinterließ einen leuchtenden Schweif, der noch lange nach dem Ver-

*) Astron. Nachr., Nr. 4057.

schwinden des Hauptkörpers sichtbar blieb. Zwei Beobachterinnen in Offenbach am Main, die das in beträchtlicher Höhe sichtbare Meteor anfänglich für einen brennenden Luftballon hielten, vernahmen ein deutliches Knattern und sahen den Kern sich mit größter Schnelligkeit der Erde nähern.

Der Punkt des Aufleuchtens dieser Sternschnuppe lag über den Ostalpen, vielleicht über den Seckauer Alpen (Steiermark) oder über Berchtesgaden. Sie flog von da weiter über Landshut, Ingolstadt, Ansbach bei Hanau, ihrem ungefähren Endpunkte. Ihre anfängliche Höhe betrug zwischen 183 und 135 Kilometern, die durchschnittliche Höhe zwischen 60 und 50 Kilometern. Die Bahnlänge betrug, je nachdem man den Ort des ersten Erscheinens setzt, 413 oder 567 Kilometer, ein Weg, der in etwas mehr als acht Sekunden zurückgelegt wurde; die absolute Geschwindigkeit des Meteors, das in ausgesprochener Hyperbelbahn in seinem Laufe die Erde einholte, betrug etwas mehr als 50 Kilometer in der Sekunde.

Ebenfalls zu den glänzenderen Erscheinungen seiner Art gehörte das Meteor vom 28. September 1905, das um 11 Uhr 25 Minuten auftrat und für gewisse Gegenden eine derartige Lichtfülle entwickelte, daß die Beobachter darüber förmlich erschrakene, geblendet wurden und genauere Angaben nicht zu liefern vermochten. Dieses Meteor zog über Bayern und Südbaden und endete über Eßlingen am Kraienbach bei Tuttlingen, 49 Kilometer über der Erde. Der Radiant (scheinbare Ausstrahlungspunkt) am Himmel lag zwischen zwei Sternen in Pegasus (ψ und n) und wurde schon öfter für Feuerkugeln und Meteore nachgewiesen. Obwohl die Erscheinung ohne Explosion erlosch, war dieses Erlöschen doch mit einer Detonation verbunden, die in einem Gebiete von 150 Kilometer Länge hörbar war. Da die beobachtete Bahnlänge sehr kurz war, so entbehren die Angaben über die Geschwindigkeiten des Meteors und seine anscheinend elliptische Bahn leider der wünschenswerten Bestimmtheit.

Wahrscheinlich hat mancher Beobachter einer solchen Feuerkugel sich schon die Frage vorgelegt, wie groß denn wohl eigentlich diese prächtigen Erscheinungen seien. Leider läßt sich diese Frage nach der wirklichen Größe nur für diejenigen Meteoriten beantworten, die auf die Erdoberfläche herabfallen, ohne in kleine Teilchen zu zersplittern. Bei den übrigen läßt sich nur der Durchmesser der Lichterscheinung angeben, und diesen hat Prof. v. Nießl in einer Abhandlung über die Bahn des Meteors vom 14. März 1905 für 20 Feuerkugeln auf Grund der Größenschätzungen der betreffenden Beobachter festgestellt.*)

Danach schwanken die Durchmesser zwischen 1880 und 116 Metern, betragen im Durchschnitt also 636 Meter. Merkwürdigerweise kommt aber keine der Feuerkugeln im Durchmesser diesem Mittel nahe, denn keine besitzt einen Durchmesser zwischen 500 und 800 Metern. Besonders häufig scheinen also solche von 300 bis 400 Metern und dann nicht selten auch größere mit nahe an 1000 Meter Durchmesser vorzukommen. Die wahren Dimensionen dürften natürlich wesentlich kleiner sein. Der kleinste der gefundenen Werte kommt einer Feuerkugel zu, die sich in den größten Höhen der Atmosphäre bewegte und 68 Kilometer über der Erdoberfläche erlosch. Dadurch wird die von vornherein wahrscheinliche Vermutung bestätigt, daß größere meteorische Körper leichter in unsere tieferen Luftschichten einzudringen vermögen als kleinere, die in größeren Höhen gehemmt werden, zerspringen und erlöschen.

Zum Schlusse unseres astronomischen Abschnittes wollen wir noch einen Augenblick bei den Bewegungen innerhalb unserer Erdatmosphäre verweilen, insoweit sie außerirdischen Einflüssen zu unterstehen scheinen.

*) Sitzungsber. der Wiener Akad. d. Wiss., Bd. 114.

Der Pulsschlag der Atmosphäre.

Seitdem die Beeinflussung der atmosphärischen Zirkulation durch die Sonnenfleckentätigkeit erkannt ist, bilden die Sonnenflecken einen Gegenstand fortdauernder Beobachtung seitens der Astronomen und Meteorologen.

Die Beobachtungen Th. Epsteins in Frankfurt a. M.*) lassen erkennen, daß die Fleckentätigkeit der Sonne seit Jahren im Zunehmen begriffen ist. Seit dem Minimum im Jahre 1901 wuchs sie, allerdings unregelmäßig und mit Unterbrechungen, aber doch so, daß sich im Jahre 1904 die Tätigkeit gegen 1903 um das Doppelte gesteigert zeigte. Im Jahre 1905 zeigten sich von 256 Beobachtungstagen nur drei, der 24. Mai und der 27. und 28. Juli, fleckenfrei. Gegen das Vorjahr bestand in der Fleckentätigkeit wiederum eine unregelmäßige Zunahme, stark im Februar und November, schwach in den Frühlingsmonaten, besonders im April. Der Februar war durch einen kolossalen, mit bloßem Auge leicht sichtbaren Fleck, den größten seit Herbst 1898, in 16° südlicher Breite ausgezeichnet, der am Anfang des Monats auftrat und am Ende in veränderter Gestalt und geringerer Größe wieder erschien. Der November machte sich weniger durch die Größe als durch die Zahl der Flecke bemerklich (bis elf Gruppen an einem Tage).

Von den 225 beobachteten gesonderten Gruppen war genau die Hälfte (113) mit Höfen versehen. Von diesen war außer dem erwähnten Februarfleck durch Größe ausgezeichnet und mit bloßem Auge sichtbar ein nach der Mitte Juli im 13° nördlicher Breite erschienener, der in der ersten Augusthälfte wenig verändert wiederkehrte, ferner ein kolossaler Fleck, der in der zweiten Hälfte des Oktober in 16° nördl. Breite sich zeigte, von dem aber bei der nächsten Rotation nur ein kleiner Rest übrig war.

Diese Gruppe ist von mehreren anderen Beobachtern gleichfalls mit bloßem Auge gesehen worden, z. B. vom Navigationslehrer Dr. Harry Meyer an Bord des Schulschiffes „Herzogin Cäcilie" am 16. Oktober gegen 6 Uhr abends, von O. v. Gellhorn, von Hauptmann A. Krziž in Preßburg. v. Gellhorn, der sie am 20. Oktober in der Mitte der Sonnenscheibe sah, zählte gegen 40 größere und kleinere, untereinander durch einen grauschimmernden Halbschatten verbundene schwarze Kernflecke. Die Gruppe hatte nach seinen

*) Astron. Nachr., Nr. 4037 u. 4080.

Messungen auf dem Projektionsschirm eine Nordsüderstreckung von 10·5 Zentimetern, eine Ostwestlänge von 15·5 Zentimetern; der Hauptkern allein maß 1·5 Zentimeter, während die Erde in gleichem Maßstabe nur 1·1 Zentimeter Durchmesser hat. Hauptmann Krziž schreibt in einer Arbeit über die Sonnenfleckenperiode des Jahres 1905:*) „Sehr interessante Gruppe von zehn naheliegenden Höfen mit zusammen 47 Kernflecken; die Gruppe ist am 14. am Ostrande als auffallendes Objekt aufgegangen. Trotz ihrer Größe war sie dem freien Auge und selbst in einem Operngucker nicht so leicht zu sehen wie die ebenso große vom 1. Februar oder jene kleinere vom 19. Juli, weil der Ton der Penumbra ein sehr lichter, ihre Kernflecke sehr klein gewesen. Diese bizarre, fürs Auge sehr schön gegliederte Gruppe sah wie ein zarter Spitzenvorhang aus. Die Gruppe hat später noch an Ausdehnung insofern zugenommen, als sich etwas abseits gelegen neue Objekte gebildet haben; die Zahl der Kernflecke hat bedeutend abgenommen, dafür deren Größe zugenommen. Am 25. ist die Gruppe, umgeben von zahlreichen Fackeln, untergegangen. Krziž schätzt ihre Größe in runder Zahl auf 180.000 Kilometer, gleich der am 1. Februar.

Die Verteilung der Flecke nach heliographischer Lage ergibt nach Epstein die größte Entwicklung in zwei direkt diametral einander gegenüberstehenden Lagen: der Februarfleck stand am Nullmeridian der Sonne, der Oktoberfleck am 180. Meridian, und zugleich hatten beide gleiche und entgegengesetzte Breite, der eine 16⁰ nördl., der andere 16⁰ südl. Breite. Merkwürdig ist, daß der Februarfleck an der Stelle des großen magnetischen Störenfrieds vom 31. Oktober 1903 stand, ohne aber wie dieser die magnetische Ruhe der Erde zu alterieren (siehe Jahrb. IV, S. 59). Anderseits befand sich der Oktoberfleck in derselben Gegend, die sich nach Epstein schon 1903 und 1904 als einen Fleckenherd gezeigt hatte. Nach Zahl und Ausdehnung der Flecke übertraf die Nordhälfte der Sonne die Südhemisphäre.

Daß der große Februarfleck so ganz ohne Störung vorübergegangen, ist, wie unsere Leser aus dem vorhergehenden Jahrgang schon wissen, nicht der Fall. Er rief vielmehr neben anderen magnetischen Störungen ein starkes Nordlicht hervor. Krziž betont schließlich, daß er seit 1885, also während 20 Jahren, niemals so rapide und zeitlich kurzgetrennte Barometerschwankungen zu verzeichnen hatte wie 1905. Die betreffende Kurve gleicht einer Säge mit sehr langen und schmalen Zähnen.

Ende Juli 1906 tauchte ein neuer Fleck auf, der in wenigen Tagen bis $^1/_{500}$ der sichtbaren Sonnenhälfte anwuchs und dem bloßen Auge sichtbar wurde. Dennoch scheint die Sonnentätigkeit jetzt allmählich abzunehmen und das Jahr 1905 das Maximum der gegenwärtigen Fleckenperiode gewesen zu sein.

Nicht nur in den Schwankungen des Luftdruckes, sondern auch noch in anderer Weise scheint sich die Sonnentätigkeit in der Atmosphäre widerzuspiegeln. So hat H. Osthoff kürzlich einen Zusammenhang zwischen der Fleckenhäufigkeit und der Gestalt der Cirruswolken festgestellt.*) Trotz mehr als zwanzigjähriger Bemühungen war es ihm nicht geglückt, diejenigen Formen der Cirruswolken ausfindig zu machen, die mit einem bestimmten Wettertyp in Verbindung ständen oder einer Wetteränderung vorausgingen. Dagegen wurde ihm bei aufmerksamer Verfolgung der Neubildungen am Wolkenhimmel während einer Sonnenfleckenperiode klar, daß die eigenartigen Gestalten der Cirri zwar im Grunde von Luftströmungen verschiedener Art herrühren, daß sie aber zeitweilig einer besonderen Umbildung durch diejenige Sonnenstrahlung unterliegen, die sich zur Zeit der Sonnenfleckenmaxima einzustellen pflegt. Diese Beobachtung bestätigte sich während einer zweiten Beobachtungsperiode.

Demnach treten alle Cirruswolken während der Sonnenfleckenminima als breite, strukturlose Flächen auf, und diese sind als die normalen, durch die Luftströmungen verursachten Grundformen anzusehen. Im Fleckenmaximum besteht das Bestreben der Sonne darin, diese breiten, einfachen Luftströme in Fäden aufzulösen, alles schärfer abzugrenzen und das Geradlinige symmetrisch zu gruppieren. Der Zusammenhang geht so weit, daß, wenn z. B. in der Zeit der Sonnenruhe ausnahmsweise eine große Fleckengruppe erschien, alsdann die „Sonnenformen" der Cirri auftauchten, um nach Ablauf der Störung wieder zu verschwinden.

Besonders auffällig bei diesen Vorgängen ist die zur Zeit der Fleckenmaxima erfolgende Ausstattung der langen Streifen mit symmetrisch feinfädiger Struktur. Je größer die Fleckenrelativzahl wird, desto mehr treten die entweder rechtwinklig (doppelkammförmig) oder spitzwinklig (federförmig) an die Mittelstreifen angesetzten Seitenfäden hervor. Diese Aufhellung des bisher über den Cirrusgestalten lastenden Dunkels erscheint weniger überraschend, wenn man weiß, daß schon früher Lohse mit Erfolg einen Einfluß der Sonne während der Fleckenmaxima auf die Struktur der Streifen in der Jupiteratmosphäre nachgewiesen hat.

Über die Beziehungen zwischen Sonnenflecken und Luftdruck, die nach den Beobachtungen des vergangenen Jahrzehntes augenscheinlich sind, hat Mac-Dowall in London auf Grund ausgeglichener graphischer Kurven**) folgende Sätze aufgestellt:

1. Die Sonne gibt zur Zeit eines Fleckenmaximums mehr Wärme ab als zur Zeit eines Fleckenminimums.

2. Zur Zeit der Maxima steigt in den äquatorialen Gegenden der Erde mehr Luft auf und fließt nach Nord und Süd ab.

3. Die Wirkung dieses Abfließens spricht sich darin aus, daß im ersten Teile des Jahres, speziell im März, zur Zeit der Maxima mehr Luft in das Hochdruckgebiet um die Azoren, dasselbe verstärkend, absteigt, und damit auch das isländische Minimum intensiver macht.

4. Eine solche Verstärkung des Island-Minimums bewirkt ein Überfluten Westeuropas mit West- und Nordwestwinden.

*) Das Weltall, 6. Jahrg., Heft 10.

*) Astron. Nachr., Nr. 4062.
**) Meteorol. Zeitschr. 1905, Heft 12.

5. Daher haben wir um die Zeit der Sonnenfleckenmaxima milde, früh einsetzende Frühlinge, frühzeitige Entwicklung der Vegetation, frühzeitiges Aufbrechen des Eises auf den schwedischen Flüssen u. a.

Den Zusammenhang, der zwischen den Witterungsvorgängen auf der Erde nicht nur innerhalb enggesteckter lokaler Grenzen, sondern offenbar auch zwischen verschiedenen Zonen und Erdteilen existiert, versuchte der Direktor des meteorologischen Dienstes in England, W. N. Shaw, an einem besonderen Beispiel darzulegen.*) Er benützte dazu die Stärke des Südostpassats im Südatlantik (Beobachtungsstation St. Helena) und die Schwankungen des Regenfalles in Südengland.

Es scheint wirklich eine tatsächliche Beziehung zwischen den Pulsationen der Stärke des Passats in der südlichen Hemisphäre und dem allgemeinen Typus des Wetters in einem so entfernten Teile, wie die Brittischen Inseln es sind, zu bestehen, obwohl der eine von diesen Anzeichen des allgemeinen Prozesses der Sonnenenergie, der Passat, die stetigste, der andere dagegen, der Regen, die am meisten veränderliche von allen meteorologischen Erscheinungen ist. Das Aufdecken einer Beziehung zwischen beiden, die doch eine Notwendigkeit in dem allgemeinen Prozeß der Zirkulation ist, wäre gewiß von großem meteorologischen Interesse und von noch größerer, ja geradezu gewaltiger ökonomischer Wichtigkeit.

In einem Diagramm teilt Shaw den korrespondierenden Gang der monatlichen mittleren Windgeschwindigkeit auf St. Helena während des Zeitraumes 1892 bis 1903 und des mittleren Regenfalles in England 1866 bis 1900 mit, die wirklich ganz überraschend parallel verlaufen. Ebenso verfolgte er Jahr für Jahr die beiden Erscheinungen, und da zeigte es sich, daß das Jahr 1903 eine ganz hervortretende mittlere Stärke des Südostpassats hatte, nämlich 9·4 Meter in der Sekunde gegen 8·0 Meter in zwölfjährigem Durchschnitt. Nun trifft es sich, daß in England das Jahr 1903 einen ganz abnorm großen Regenfall hatte, während 1893, als sich in St. Helena eine geringe Windstärke zeigte, in England sehr trockenes Wetter herrschte, namentlich im Frühling, wo die Stärke jenes Passats ganz besonders niedrig war. Als Shaw ferner die Kurven des jährlichen Ganges der Windstärke auf St. Helena für die einzelnen Jahre zeichnete, fiel ihm auf, daß das Jahr 1898 von den übrigen dadurch abwich, daß es zwei Maxima der Windstärke hatte, eines im März nebst April, das andere im Oktober, statt des sonst einzigen Maximums im September. Und merkwürdigerweise zeigte sich auch hier wieder eine Übereinstimmung mit dem Regenfall in Südengland, der zwei Maxima zeigte, ein abnormes im Mai und ein zweites im November, beide etwas verspätet gegen die Maxima in St. Helena, wie auch zu erwarten war, wenn ein ursächlicher Zusammenhang zwischen beiden besteht.

Es darf nicht verschwiegen werden, daß der berühmte Meteorologe Prof. J. Hann trotz alledem den Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen stark bezweifelt (Meteorol. Zeitschrift, Bd. 23, Heft 2). Wilhelm Krebs, der die barometrischen Ausgleichsbewegungen in der Atmosphäre an einem anderen konkreten Beispiele prüft, ist auch nicht in der Lage, den Zusammenhang bei so weit entlegenen Gebieten zweifelsfrei festzustellen (Das Weltall, 6. Jahrg., Nr. 6.) Allerdings müssen wir zugeben, daß dieser Zweig der Meteorologie erst im Aufblühen begriffen, Zweifeln und Abwarten daher noch sehr wohl am Platze ist.

In unmittelbarer Beziehung zur allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre steht höchstwahrscheinlich auch die „isotherme Zone" in 10 bis 12 Kilometer Höhe, über welche Dr. R. Nimführ*) sich zusammenfassend geäußert hat.

Er faßt das Ergebnis seiner Untersuchung in folgendem Satze zusammen: In Hochdrucksgebieten treffen wir in der Höhe von rund 10 Kilometern auf eine Diskontinuitätsfläche (Fläche des unterbrochenen Zusammenhanges), von welcher ab eine sehr rasche Abschwächung des Gradienten (der gleichmäßigen Temperaturabnahme) eintritt; es kommt hier nicht selten zu einer völligen Isothermie (Gleichbleiben der Wärme) bezw. Umkehr der Gradienten (also Temperaturzunahme). Die Isothermien und Inversionen (Temperaturumkehrungen) können sich auf Höhenstufen von mehreren tausend Metern erstrecken. Ob die isotherme Zone auch über einer Fläche von Barometerminimis existiert, scheint vorläufig noch eine offene Frage. Eine rationelle Erklärung für die Bildung der Isothermenzone liegt bisher nicht vor, und auch Dr. Nimführs Erklärungsversuch bedarf zu seiner völligen Rechtfertigung noch der Feststellung verschiedener Tatsachen.

Einen sehr gelungenen rechnerischen Nachweis des Einflusses der Sonnentätigkeit auf erdmagnetische Störungen hat Wilh. Krebs für den November 1905 erbracht.**)

Am 20. Oktober 1905 passierte die oben beschriebene gewaltige Gruppe von Sonnenflecken den Zentralmeridian des Gestirns. Die Wiederkehr der von ihr signalisierten Vorgänge auf der erdwärts gewandten Sonnenseite wurde an einer Reihe von Flecken erkannt, die in ungefähr der gleichen heliographischen Breite den Zentralmeridian zwischen dem 10. und 17. November 1905 passierten. Zugleich mit dem Erkennen dieser Wiederkehr wurde auch das Einfallen ausgebreiteter Nordlichterscheinungen und eines erdmagnetischen Ungewitters am 15. November, ebenso eines solchen am 12. November festgestellt.

Die eigenartig ausgeprägten Formen der beiden Störungszacken des letzteren ließen es möglich erscheinen, Weg und Fortpflanzungsgeschwindigkeit der erdmagnetischen Störungen herauszufinden. Eine genaue Berechnung zeigte, daß die Geschwindigkeit, mit der jene Sonnenfleckengruppen an der Erdoberfläche vorübergeführt wurden, mit der Fortschrittsgeschwindigkeit der entsprechenden erdmagnetischen Störungen so auffallend übereinstimmt (2147 bezw. 2043 Meter in der Sekunde), daß an dem inneren Zusammenhange der Vorgänge kaum ein

*) Nature, vol. 73, No. 1886.

*) Meteorol. Zeitschr., Bd. 23 (1906), Heft 6.
**) Physik. Zeitschr., 7. Jahrg., Nr. 9.



Die holländische Sonnenfinsternis-Expedition 1905.

Zweifel bleiben kann. Die Berechnungen geschahen nach den erdmagnetischen Aufzeichnungen zu Pawlowsk, Potsdam und Kew in England.

Wie dieser Zusammenhang aber zu stande kommt, bleibt uns zunächst rätselhaft. In der einfachen, von Lodge und anderen Physikern angedeuteten Weise (siehe Jahrb. IV, S. 57), daß elektrisch geladene Teilchen von der Sonne auf die Erdoberfläche gestrahlt werden, scheint es nicht zu geschehen. Denn dann müßte die Bewegung der Erde in ihrer Bahn, die durchschnittlich 29.500 Meter in der Sekunde in östlicher Richtung beträgt, mit zur Geltung kommen, und sie würde wohl die oben nachgewiesene Übereinstimmung bis zur Unkenntlichkeit verwischen.

Für den 15. November ergaben nur die Aufzeichnungen der Instrumente in Potsdam und Kew hinreichend ausgeprägte Störungszacken und eine der vorigen entsprechende Geschwindigkeit des Fortschreitens der Störung, nämlich 2119 Meter in der Sekunde. Es liegt der Gedanke nahe, die am gleichen Abend aus der Umgegend Stockholms gemeldeten elektrischen Erdströme, die sich dort noch viel störender als in Potsdam bemerkbar machten, mit dem Vorübergang jener Flecken in Verbindung zu bringen. Das gleiche gilt von der verhängnisvollen Ablenkung der Kompaßnadeln auf den Schiffen in den Gewässern der benachbarten Ostsee, um so verhängnisvoller, als das Wetter infolge Schneetreibens unsichtig wurde.

Anscheinend handelte es sich bei diesen Störungen um eine Induktionswirkung der riesigen Magneteisensteinlager in Skandinavien. Eine Bestätigung scheinen Nachrichten aus einem noch mächtigeren Magneteisengebiete der Erde zu liefern, dem am Oberen See in Nordamerika; denn von dort her wurden aus den gleichen Novembertagen ganz wie aus der Ostsee für die Schiffahrt verhängnisvolle magnetische Störungen gemeldet.

Auch die Beobachtung der Sonnenfinsternis vom 30. August 1905, bei der wir zum Schlusse noch einen Moment verweilen wollen, hat eine Bestätigung des Einflusses der Sonne auf die Erdatmosphäre gebracht.

Schon früher hatte man bisweilen bei totalen Verfinsterungen die sogenannten fliegenden Schatten beobachtet. Diese kurz vor und nach der Totalität durch die Atmosphäre jagenden Schattenbänder bestehen aus atmosphärischen Wellenbewegungen, durch die der kristallklare Ozean der unteren Atmosphärenschichten in großer Breite erregt wird. „Gegen Beginn und Ende der Verfinsterung“, schreibt Wilh. Krebs,*) „gelangen Sonnenstrahlen um die abblendende Mondkugel herum in besonders schräger Richtung an diese wogende Luftfläche (bezw. Sprungfläche, die in lange Wellenfalten gelegte Oberfläche des Luftozeans). Die zugewandten Wellenflächen können von diesen Strahlen durchdrungen werden. Von den abgewandten dagegen werden sie, wegen ihres schiefen Auftreffens, in den Weltraum zurückgespiegelt (d. h. total reflektiert). Auf der Erdoberfläche werden deshalb jene Flächenstreifen als helle, diese als dunkle Bänder erscheinen. Manchmal sind die Schattenbänder bei

*) Astron. Nachr., Nr. 4074.

totaler Sonnenfinsternis auch gänzlich vermißt worden. Man kann das daraus erklären, daß die letzten und ersten Sonnenstrahlen genau in die Richtung der Wellenkämme des Luftmeeres fielen und deshalb beide Flächen (vordere und hintere) jeder Welle gleichmäßig durchdrangen."

Wesentlich neue Ergebnisse hat die Sonnenfinsternis nicht gebracht, von den innerhalb der Merkurbahn gesuchten Planeten ist keine Spur entdeckt worden. Von den Photographien, die während des Erscheinens des ersten neuen Strahles nach der Totalität aufgenommen wurden, weisen einige eine eigentümliche Spiegelung in der Nähe oder inmitten des Mondrandes auf, die wahrscheinlich auf eine Spiegelung der verschiedenen Objektivflächen des Fernrohres zurückzuführen ist.*) Die Lufttemperatur während der Finsternis fiel reißend. In Burgos nahm sie von 19·4⁰ C um 12 Uhr 20 Minuten bis zu 16·3⁰ um 1 Uhr, bis zu 14·7⁰ um 1 Uhr 19 Minuten ab.

Ein Berichterstatter beschreibt die Finsternis aus Alcala de Chisvert, einem bei Tortosa auf der Zentrallinie der völligen Verfinsterung gelegenen Städtchen, das mehreren wissenschaftlichen Expeditionen als Station diente, mit folgenden Worten:

„Pünktlich zur vorausgesagten Stunde, Minute und Sekunde erschien auf der Sonnenoberfläche der erste scheinbare Einschnitt, der langsam, aber unaufhörlich anschwoll. Anfangs zeigte sich nichts Besonderes in der Natur; erst als die Sonnenscheibe immer kleiner wurde und damit auch eine merkliche Abnahme des Lichtes eintrat, begann sich der Tiere eine gewisse Ungeduld und Unruhe zu bemächtigen. Später, als es immer dunkler wurde, suchten die Haustiere ihre Lagerstätten auf; die Vögel flatterten eilig den Nestern zu; das Summen der Insekten verstummte, und sie selbst bewegten sich nicht mehr, kurz, alle gewöhnlichen Kundgebungen des Lebens hörten auf, als ob die Nacht hereinbräche. Auch die Temperatur nahm fühlbar ab, der Wind wechselte mehrfach Richtung und Stärke. Sobald nur noch eine schmale Sichel von der Sonne sichtbar war, begannen die Erscheinungen, die der gänzlichen Verfinsterung unmittelbar vorauszugehen pflegen. Die Farbe des Himmels, der Erde, der Bergzüge änderte sich unter der Wirkung des immer schwärzeren Halbschattens des Mondes. Dunkle Bänder, wie wenn sich Wasserwellen gegen helles Gemäuer widerspiegeln, huschten in immer kürzer werdenden Zwischenräumen über die Erde hin. Die Einzelheiten des entfernteren Landschaftsbildes waren schließlich nur noch schwer erkennbar, und das Gemüt der Zuschauer wurde unwillkürlich durch das imposante Schauspiel dieser schneller als auf Flügeln der Windsbraut hereinbrechenden Finsternis beeinflußt. Das fröhliche Lachen und Scherzen verstummte; es trat eine feierliche Stille ein. Alle schienen von dem bedeutungsvollen Augenblick ergriffen. Die kaum noch sichtbare Sonnenlinie löste sich für den Bruchteil einer Sekunde in eine glänzende ‚Perlen'-Kette auf, die dann der völligen Verdunklung wich. In diesem Augenblick bot sich der erhabenste, majestätischste Anblick, den uns die Natur gewähren kann. In weitem Bogen umgab das rosenrote Licht der Sonnenchromosphäre, da, wo die letzten Strahlen verschwunden waren, die vordem schwarze Wandfläche; einige rubinrote Flammen, die Protuberanzen, züngelten hie und da auf; darüber hinaus ergoß sich aber die herrliche Korona ins dunkle Äthermeer wie ein wunderbarer Glorienschein. Das Entzücken über dieses gewaltige, einzigartige Schauspiel



Eigentümliche Spiegelung inmitten des Mondrandes.

steigerte sich bei manchen zur Ekstase, als das Auge alsbald auch einzelne Sterne erkannte. Merkur und Venus, Regulus und Arktur wurden sichtbar. Leider ging der prächtige Zauber nur zu bald vorüber. An der entgegengesetzten Stelle, wo die Sonne verschwunden war, nahm die Helligkeit wieder zu, bis plötzlich der erste Lichtstrahl herniederschoß, die Landschaft wieder erleuchtend."

Sehr interessant sind die Veränderungen des elektrischen Erdfeldes während der Totalität der Finsternis, die Ch. Nordmann zu Philippeville in Algier beobachtete.*) Die Luftelektrizität zeigte in je drei Wochen vor und nach der Finsternis eine ungewöhnliche Gleichheit und Regelmäßigkeit der photographisch registrierten Kurven, die sich von der Barometerschwankung ganz unabhängig zeigten. Die während der Sonnenfinsternis registrierten Kurven des elektrischen Feldes und die gemessenen Werte zeigen, daß das Feld bis zum Beginn der Finsternis dem normalen Werte nahe war, vielleicht war es ein wenig kleiner. Von der ersten Berührung des Mondrandes mit der Sonnenscheibe an begann es zu steigen und hielt sich über dem Mittelwert bis zum letzten Kontakt. Am auffallendsten war das große Maximum um 2 Uhr 45 Minuten; es fällt bis auf die Minute genau mit dem absoluten Minimum zusammen, das von anderer Seite an der Kurve der positiven Jonen nachgewiesen worden ist.

*) Herrn Th. Grigull aus Osnabrück, der als Begleiter der holländischen Expedition die Finsternis in Burgos beobachtete, verdanken wir die hier mitgeteilten Photographien und die Zeichnung der Korona; er photographierte auch die Spiegelung.

*) Compt. rend., Tome 142, No. 1.

Die Erdrinde einst und jetzt.

(Geologie und Geophysik.)

Erdbeben und Vulkanismus. * Der Bau der Erdrinde. * Ein geologischer Revolutionär. * Erze und Lagerstätten. * Thermen und Tiefenwasser.

Erdbeben und Vulkanismus.

Die Vorgänge im Luftmeere beweisen, daß Mutter Sonne ihre Kinder, die Planeten, trotz deren hohem Alter durchaus noch nicht aus ihrer Vormundschaft entlassen hat. Ja, allem Anschein nach begnügt sie sich nicht damit, nur äußerlich an ihnen zu modeln und zu erziehen, sondern sie mischt sich auch in ihre inneren Angelegenheiten. Diese Einmischungen scheinen sich weniger durch direkte, unmittelbare Einwirkung der Sonnenkräfte auf das Planeteninnere, als in indirekter Form zu vollziehen, durch Vermittlung des Luftozeans, der die ihm zu teil gewordenen Bewegungsanstöße auf die Erdkruste überträgt. Sicherlich ist diese Bevormundung der Erde seitens der Sonne zumeist von höchst wohltätigen Folgen; von Zeit zu Zeit ist aber ein kleiner Konflikt unausbleiblich, und da sind denn, gemäß der alten Wahrheit, daß, wenn die Großen sich streiten, die Kleinen die Zeche bezahlen müssen, wir Menschen die Leidtragenden. Wofür ja die Vulkan- und Erdbebenkatastrophen der letzten Jahre genügend deutliche Beispiele geliefert haben.

Wenn wir nach den inneren Ursachen solcher Konflikte suchen, so bietet sich uns zunächst die Tatsache, daß die größten Erdbebenkatastrophen in die Zeit der Sonnenfleckenmaxima fallen, wie folgende kleine, von Th. Grigull*) aufgestellte Tabelle zeigt:

Jahr und Gegend der Katastrophe:	Fleckenmaxima:
1538 Phlegräische Felder	1537
1692 Jamaika	1693
1817 Griechenland	1816
1861 Griechenland	1860
1869 Vorderindien	1870
1870—73 Griechenland	1870
1883 Vulkan Krakatau	1883
1895 Argentinien	1894
1906 Vesuv, San Francisco	1905

Die Übereinstimmung ist eine vollkommene, besonders wenn wir berücksichtigen, daß nicht selten das einem Fleckenmaximum vorangehende Jahr fast die gleiche rege Sonnentätigkeit aufweist wie das genannte. Aber es fehlen in dieser nur die größten Katastrophen aufzählenden Liste doch einige gewaltige Erdbeben, und diese fallen merkwürdigerweise in die Zeit eines Fleckenminimums, z. B.:

1746 Lima (Peru),	Fleckenminimum	1745
1755 Lissabon	„	1755
1783 Kalabrien	„	1784
1902 Martinique	„	1901

Es ergibt sich daraus, daß auch die Fleckenminima berücksichtigt sein wollen, d. h. die Zeiten, in denen der Einfluß der Sonne auf die Erdatmosphäre, soweit wir bis jetzt überschauen können, am geringsten ist.

*) Osnabrücker, Zeitung Nr. 10481.

Das zeitliche Zusammenfallen zweier Ereignisse beweist nun freilich für ihren inneren Zusammenhang, für ihre ursächliche Verknüpfung noch nichts, wenn wir nicht nachweisen können, daß und wie die eine Erscheinung die andere hervorruft. Dr. R. Hennig weist in einer kleinen Arbeit*) über die Wechselwirkungen zwischen Erdbeben, bezw. Vulkanausbrüchen und Witterungserscheinungen auf die vielfach nachgewiesene Gleichzeitigkeit gewaltiger Erdkatastrophen mit Stürmen und Gewittern hin. Das alte Antiochia in Kleinasien wurde z. B. dreimal durch Erdbeben völlig zerstört, am 22. Oktober 105, am 29. Mai 526 und am 13. November 529. Der ersten Zerstörung ging nach dem Berichte der alten Chronisten ein furchtbarer Sturm unmittelbar voraus, die zweite war von einem starken Gewitter, die dritte von einem schweren Gewitter nebst schrecklichem Sturm begleitet. Zwei ungeheure Erdbebenfluten, die am 24. August 358 das Schwarze Meer und am 21. Juli 365 das östliche Mittelmeer unter furchtbarer Verheerung der Küsten heimsuchten, waren ebenfalls von diesen beiden Erscheinungen begleitet. Selbst in der gewitterarmen Jahreszeit pflegen Erdbeben öfters von atmosphärischen Entladungen begleitet zu sein, wofür Hennig aus älteren Chroniken einige Beispiele bringt. Dennoch schließt er mit folgenden Sätzen:

„Angesichts dieser und vieler ähnlicher Berichte kann man einen gelegentlichen Zusammenhang zwischen Erdbeben und atmosphärischen Vorgängen kaum bezweifeln. Wie man ihn sich theoretisch begreiflich machen soll, muß dahingestellt bleiben, bis man über die Natur der Erdbeben selbst und ihre Ursachen etwas mehr weiß, als es heute noch der Fall ist. Ob die Gewitter und Stürme eine Folge des Erdbebens sind oder vielleicht auch eine letzte auslösende Ursache, ist zurzeit unmöglich zu entscheiden; nur die Parallelität selbst scheint erwiesen."

Werfen wir nun, ehe wir auf diese Frage weiter eingehen, zunächst einen Blick auf die Katastrophen des Jahres 1906.

Zu Beginn des Jahres 1906 verbreitete sich in Europa die Schreckenskunde, daß die Stadt Masaya in Nicaragua infolge eines vulkanischen Ausbruches zerstört sei. Eine Bestätigung fand diese Nachricht zum Glück nicht, sie war nur der Schatten, den ein weit schrecklicheres Ereignis vorauswarf. Dennoch waren, wie ein Bericht Karl Sappers zeigt, diese Gerüchte nicht ohne Grund aufgetreten. **)

*) Naturwiss. Wochenschr., Bd. 5 (1906), Nr. 27.
**) Zentralblatt für Mineral., Geol. u. Pal. 1906, Nr. 9.

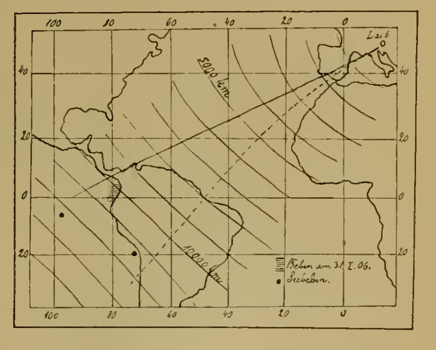
Nachdem schon am 31. Dezember 1905 in Masaya ein leichtes Beben verspürt war, erfolgte am 1. Januar um $5^1/_2$ Uhr morgens ein starker Stoß, der allgemeine Aufregung hervorrief, zumal der westlich von der Stadt gelegene Vulkan Santiago von nun ab in Zwischenräumen von wenigen Minuten erdröhnte. Um 5 Uhr nachmittags erschreckte eine stärkere Erschütterung die Bewohner und am 2. Januar erfolgte 6 Uhr morgens ein sehr starkes Beben, das viele Gebäude beschädigte, aber doch keine Menschenopfer kostete. Eine Reihe leichterer Erschütterungen, etwa 15 im Laufe dieses Vormittags, wurde von 12 Uhr mittags ab wieder von stärkeren Beben abgelöst (12 Uhr, $1^1/_2$ Uhr, $7^1/_2$ Uhr). Die Nacht verlief ziemlich ruhig, abgesehen von leichteren Erschütterungen, die sich alle paar Minuten fast mit mathematischer Genauigkeit wiederholten. Am 3. Januar fanden stärkere Stöße 35 Minuten nach Mitternacht, um 6, 7 und $7^3/_4$ Uhr morgens statt. Das unterirdische Getöse und das Erzittern des Bodens dauerten fort. Nachdem der 4. Januar nur leichtere Beben gezeitigt, brachte der 5. den Höhepunkt, aber auch die Erschöpfung der Bewegung. Um 4 Uhr morgens fühlte man mehrere heftige Erschütterungen, um $5^1/_2$ Uhr nachmittags ereignete sich ein neues, 15 Sekunden dauerndes heftiges Erdbeben und nun setzten sich die Beben fort, so daß im ganzen während der zweiten Hälfte des Tages 38 leichtere und stärkere Erschütterungen bemerkt wurden. Um 10 Uhr abends ließ sich ein lautes Dröhnen hören, ein starkes Beben folgte und dann trat endlich Ruhe ein, so daß am 10. Januar der Polizeidirektor die massenhaft geflüchtete Einwohnerschaft zur Rückkehr auffordern konnte.

Das Erdbebengebiet beschränkte sich auf den Raum zwischen den beiden Seen Managua und Nicaragua in ostwestlicher und zwischen dem verbindenden Gewässer beider und der Sierra de Managua in nordsüdlicher Erstreckung. Es war hier also augenscheinlich nur eine kleine Erdscholle in abgleitender Bewegung begriffen. Die Stärke des Bebens kann nicht sehr groß gewesen sein, da kein einziges Haus völlig zusammenstürzte. Dagegen stürzten von den steilen Tuffwänden des bei der Stadt gelegenen kleinen Sees von Masaya so viele Steine auf den zur Stadt führenden Weg, daß dieser völlig blockiert war. — Die vulkanische Tätigkeit schwieg während des Bebens anscheinend ganz. Erst am 9. ließ der seit 1902 tätige Vulkan Santiago wieder eine Rauchsäule aufsteigen, auch begann sich nördlich von ihm ein neuer Krater zu bilden.

Nicht lange danach, am 31. Januar 1906, verzeichnete die Erdbebenwarte zu Laibach ein Fernbeben, das in der am gleichen Tage ausgegebenen Avisokarte mit hinreichender Sicherheit auf 12.000 Kilometer Abstand und auf vorherrschende Richtung aus Westsüdwest bestimmt wurde. Man suchte deshalb den Herd dieses Bebens zunächst in dem westlich von Chile gelegenen Teile des Großen Ozeans, in einer Zone, wo vor 1900 zahlreiche seebebenartige Erscheinungen, nach 1900 aber nur eine, am 13. Juli 1904, verzeichnet waren, und zwar hatte sich letztere als ganz unschädlich erwiesen. Nahm an dieser Stelle der unterseeische Vulkanismus also anscheinend ab, so zeigte ihn eine nördlicher gelegene Zone, westlich vom äquatorialen Südamerika, in Zunahme begriffen, indem hier vor 1900 nur acht, nach dieser Zeit aber schon zwei oder gar drei beträchtliche Beben stattgefunden hatten.

So entschied sich denn Wilh. Krebs auf eine Anfrage aus Laibach dafür, daß das Beben vom 31. Januar auf Bewegungen des Meeresgrundes in der Nachbarschaft des vulkanisch so leicht und vielfach erregten Mittelamerika schließen lasse, entsprechend seiner Theorie, daß der Vulkanismus im Gebiete der Ozeane überhaupt und überall einen Zug nach Westen verrate.*) Die von dem Laibacher Seismographen als „untrüglich WSW" angegebene Herkunftsrichtung glaubte er deshalb nicht azimutal für Laibach, sondern loxodromisch verstehen zu müssen (siehe Karte!).**)

Und dieser Schluß fand seine Bestätigung in den gut zwei Wochen später eintreffenden Zeitungsnachrichten, die eine Flut- und Bebenkatastrophe



Lagebestimmung des Fernbebens vom 31. Jänner 1906.

im nördlichen Ecuador und im westlichen Kolumbien meldeten. Vor allem kommt für die Bestimmung des Bebenherdes eine Flutwelle in Betracht, von der die Küstenstädte Esmeralda in Ecuador, Tumaco und Buenaventura in Kolumbien nebst einer Anzahl kleinerer, dazwischen gelegener Orte, verwüstet wurden. Diese Welle deutet auf ein unterseeisches Ereignis vulkanischer Art westlich von der heimgesuchten Küste, also, unter Berücksichtigung der in Laibach bestimmten Entfernung, noch innerhalb des oben genannten Meeresgebietes. Die Zahl der Opfer dieser Katastrophe wird auf 300, von anderen Berichten auf 2000 angegeben.

Diese Ereignisse verschwinden im Gedächtnis gegenüber den gewaltigen Katastrophen des April 1906, dem Vesuvausbruch und dem kalifornischen Erdbeben.

Ersterer kündigte sich seit Mitte März des Jahres durch andauernde Erdbeben auf Ustica, einer etwa 9 Quadratkilometer großen Insel nördlich von Palermo, an. Dieses alte vulkanische, sehr

*) Das Weltall, Bd. 6 (1906), Heft 17 u. Heft 1.

**) Unter einer Loxodrome, „Linie des schiefen Laufs", versteht man jede auf der Erdkugel gezogene Krumme, die alle Meridiane unter demselben Winkel schneidet, sich also in zahllosen Spiralwindungen allmählich dem Pole nähert.

fruchtbare, aber wasserarme Eiland, das 2400 Bewohner nährt, wurde durch die in senkrechter Richtung erfolgenden Erdstöße so beunruhigt, daß es von dem größeren Teile der Bevölkerung geräumt wurde; allerdings kam es zu der erwarteten Katastrophe nicht, vielleicht hat der Ausbruch des etwa 260 Kilometer von der Insel entfernten Vesuvs sie verhindert. Die Erdstöße waren nach Ansicht dortiger Forscher wahrscheinlich vulkanischen Ursprungs, denn Ustica ist nur der sichtbare Gipfel des aus dem Meeresgrunde aufsteigenden alten Kraterkegels, in dessen Grunde sich explosive, einen Ausweg suchende Massen angehäuft haben werden.



Karte des Vesuv und seiner Umgebung.

Der schon am 2. oder 3. April sich ankündigende Vesuvausbruch ist dem Leser durch die vielfach allerdings übertreibenden Zeitungsberichte zur Genüge bekannt geworden und noch in Erinnerung. Er ist der erste große Ausbruch seit dem April 1872 und gehört zu den bedeutenderen, wenn auch nicht allerstärksten, der ewig arbeitenden Esse Vulkans. Zwei größere Lavaströme wandten sich nach Süden (auf Torre dell' Annunziata und Pompeji) und nach Westen (am Vesuvobservatorium vorbei nach Portici), während ein kleinerer die östliche Richtung auf Terzigno einschlug. Die durch den noch aufrecht stehenden Nord- und Ostrand des alten Riesenkraters, die sogenannte Somma, gegen Lavaströme gedeckten Abhänge des Berges wurden um so reichlicher mit Asche bedacht. Durch die explosiv auftretenden, die weiteste Umgegend alarmierenden Eruptionen wurde der jüngere, 750 Meter im Durchmesser haltende Kraterkegel völlig zerstört, wodurch der Berg 200 bis 300 Meter an Höhe verloren hat.

Die Vesuvlava scheint bei diesem Ausbruch besonders gasreich gewesen zu sein. Dafür spricht auch der auffallend starke, bis über Neapel hinaus sich erstreckende Aschenregen, der ein staubartiges Gemenge von kleinsten Kristallen und Kristallteilchen bildet und nichts anderes als zerspratzter Schmelzfluß ist. Er ist ein Erzeugnis der Eruption: die explodierenden Gase zerspratzen die von ihnen gewaltsam durchbrochenen Lavamassen und schleudern die winzigen Fetzen hoch in die Luft, wo sie erkalten, um dann als dichter Aschen- oder Sandregen auf die Erde niederzufallen oder vom Winde weithin fortgetragen zu werden. Daneben werden auch kleinere und größere Stücke schlackig erstarrter Lava, die sogenannten Lapilli und vulkanischen Bomben, nebst Bruchstücken älterer, von den Wandungen oder dem Boden der vulkanischen Esse losgerissener Gesteine emporgeschleudert. Je stärker die Lava von Gasen erfüllt ist und je heftiger die Explosionen dieser Gase sind, desto größer ist auch die Menge des vulkanischen Auswurfes.

Eine von Prof. Zinno vorgenommene chemische Untersuchung der Asche des jetzigen Ausbruches ergab, daß sie aus Kieselerde, Aluminiumoxyd, Kalkstein, Magnesia, Eisen und Mangan besteht. Von freien Säuren, von elementarem Schwefel, überhaupt von schädlichen Stoffen ist sie ganz frei, so daß sie auf die Vegetation eher befruchtend als schädigend einwirken wird.

Arrien Johnsen weist nach, daß die Asche vom 5. April 1906 in ihrer Zusammensetzung den Aschen von 1861, vom 28. April 1872 und vom 25. Februar 1882 sehr ähnlich ist. Es sind in allen diejelben Stoffe, wenn auch nicht in gleichem Verhältnis, vorhanden, mit einer Ausnahme in der dritten Asche, so daß man wohl mit Sicherheit schließen kann, daß diese Aschen einem und demselben unterirdischen Herde entstammen (Zentralblatt für Mineral., Geol. und Paläontologie 1906, Nr. 13.)

Das am Frühmorgen des 18. April über einen großen Teil Kaliforniens hereingebrochene Erdbeben von San Francisco gehört sowohl nach der Heftigkeit der Erdstöße als auch nach dem angerichteten Schaden zu den schrecklichsten Katastrophen aller Zeiten. Erstaunlich ist die Beharrlichkeit, mit der der Mensch sich an einen Boden klammert, der seine Unzuverlässigkeit in der kurzen Spanne Zeit, da die Geschichte ihn beleuchtet, so oft und so eindringlich dokumentiert hat.

Die weitere Umgebung von Frisco gehört, nach Prof. E. Deckerts Einteilung, zum kalifornisch-oregonischen Schüttergebiete Nordamerikas, in dem vielleicht zwei, durch die kristallinischen Siskiou- und Klamath-Mountains getrennte Schütterdistrikte auseinandergehalten werden müssen. Nur das große Beben von 1873, das sowohl die Kolumbiamündung als auch die Bai von San Francisco umfaßte, läßt die kalifornisch-oregonische Provinz als eine einheitliche erscheinen. Sie besitzt drei Haupterschütterungs-

herde: Los Angeles im Süden, San Francisco in der Mitte und Seattle am Pugetsund. Erdbeben sind hier sehr häufig. Die mittlere jährliche Bebenhäufigkeit beträgt für Nordkalifornien (1877—1890) 4·90 Erdbeben, für Mittelkalifornien (1860—1897) sogar 21·86 und für Südkalifornien (1848—1890) 9·55. Es handelt sich hier vorwiegend um Longitudinalbeben, um Erschütterungen in der Hauptrichtung der Andenketten. Die Erdbebenvorgänge bewirken vor allem die weitere Ausbildung der großen Längstäler, wobei ja allerdings Wirkungen in der Richtung quer zur Gebirgsachse nicht völlig ausbleiben können. Das Wirken der Beben in der Hauptachse wird uns durch einen Blick auf das seismische Kartenbild des Wasserlabyrinths des Pugetsundes sehr schön veranschaulicht.

Das letzte große Erdbeben, das Kalifornien erschütterte, fand am 30. März 1898 statt. Das Zentrum des Bebens lag vermutlich in der Bai von Francisco, und dementsprechend war der durch Einsturz und Beschädigung von Gebänden in der Stadt angerichtete Schaden sehr beträchtlich. Straßenlange Bodenrisse, in die die Gebäude fußtief einsanken, waren der Hauptgrund dieser Einstürze. Auch bei dem jetzigen Beben blieb die Wirkung durchaus nicht auf die Stadt selbst und ihre nähere Umgebung beschränkt, sondern erstreckte sich Hunderte von Kilometern weit ins Land hinaus, wenigstens über eine Strecke von 350 Kilometern; denn im Süden hat Los Banos bei Fresno schwer gelitten und im Norden waren noch in Mendocino Country zerstörende Wirkungen festzustellen. Am stärksten wurde eine Reihe von Orten an dem Senkungsgebiete der Bucht von Francisco und seiner südlichen und nördlichen Fortsetzung heimgesucht, und zwar vornehmlich auf der Westseite dieser Talstrecke, die nach Lawson noch im Absinken begriffen ist, was sie eben zum Erdbebenherde stempelt.

Sehr interessant ist die Fortpflanzung der Stöße im Erdball, über welche C. Davison*) berichtet. Das Erdbeben war natürlich auf allen seismologischen Stationen zu spüren und die Instrumente zeigten zum Teil sehr große Störungen. Nachdem der erste Erdstoß in San Francisco um 5 Uhr 13 Minuten früh, d. h. um 1 Uhr 13 Minuten nachmittags mittlerer Greenwicher Zeit erfolgt war, erreichte die erste Reihe der Vorbeben Birmingham um 1 Uhr 1 Minute 5 Sekunden nachmittags; um um 1 Uhr 35 Minuten 7 Sekunden folgte die zweite Reihe mit größeren Ausschlägen der Instrumente. Diese Erdwellen, die ihren Weg wahrscheinlich geradlinig durch den Erdball nach allen Teilen der Erdoberfläche nehmen, pflanzen sich mit einer Geschwindigkeit von 10 und mehr Kilometern in der Sekunde fort. So brauchten sie z. B., um den Weg von Francisco bis Berlin zurückzulegen, 834 Sekunden, nach Laibach 882 Sekunden. Beträchtlich später, in Birmingham um 1 Uhr 45 Minuten 13 Sekunden, begann die Hauptbewegung der Erdbebeninstrumente, hervorgerufen durch die Oberflächenwellen, die mit der fast gleichmäßigen Geschwindigkeit von 3·3 bis 3·4 Kilometer in der Sekunde über die Erdoberfläche gehen. Nach geraumer Zeit, in Birmingham um 3 Uhr 28 Minuten 38 Sekunden, traten abermals stärkere Schwingungen auf, die Wirkungen der Schwingungen des ersten Stadiums, die inzwischen einmal die Erde umkreist hatten und nun wiederkehrten. Auch die erste Reihe der Oberflächenwellen, nachdem sie nochmals die Reise um den Erdball zurückgelegt hatten, wurde von den Horizontalpendeln verzeichnet.

Natürlich pflanzten sich von dem Erdbebenherd auch nach entgegengesetzter Richtung Erdbebenwellen fort, und auch diese haben den Weg um das Erdenrund zweimal durchlaufen, ehe sie verflungen sind. Schon die Tatsache, daß die Erdwellen den Seismographen noch nach einer Reise von fast 50.000 Kilometern störten, zeigt, daß es sich um ein Erdbeben ersten Ranges gehandelt hat. Man stellt es auf gleiche Stufe mit dem neapolitanischen von 1857, dem japanischen von 1891 und dem indischen von 1905, und dem indischen von 1897 sowie dem Lissaboner von 1755 steht es wahrscheinlich nicht viel nach.

Bei der geringen zeitlichen Entfernung der beiden Katastrophen des April 1906 war wohl aus Laienmunde die Frage erklärlich, ob die beiden Erscheinungen ursächlich zusammenhingen. Diese Frage ist unbedingt zu verneinen. Wohl kann es, wie K. Sapper vor kurzem*) nachgewiesen hat, vorkommen, daß zwischen Vulkanausbrüchen und Beben benachbarter Gebiete kausale Beziehungen bestehen. Sapper stellt z. B. auffällige zeitliche Übereinstimmung in den seismischen und vulkanischen Erregungsperioden Mittelamerikas und Westindiens fest, sowohl 1879 bis 1880 als auch 1902 bis 1905, so daß es scheint, als ob trotz der etwa 3000 Kilometer betragenden Entfernung beider Gebiete die



Der Krater des Vesuvs im April 1906 (die schwarzen, wie Tintenspritzer aussehenden Flecken sind mächtige Steinblöcke). Mit Teleobjektiv aufgenommen.

*) Globus, Bd. 89, Nr. 20; Nature, Bd. 73.

*) Verhandl. des 15. deutsch. Geogr.-Tages, 1905.

vulkanischen oder seismischen Ereignisse des einen ein Echo in dem anderen zu erwecken vermöchten. Vielleicht wird das labile Gleichgewicht der Spannungen in der Erdrinde (tektonischer wie vulkanischer Art) durch die wenn auch nur kleinen mechanischen Erschütterungen oder auch durch magnetische Störungen vollends aufgehoben.

Wilh. Krebs*) stellt eine Anzahl solcher vulkanischen Analogien im mittleren Amerika aus neuester Zeit fest, die im Tempo ihres Auftretens den Eindruck machen, als sei ein gleichartiger Mechanismus ausgelöst.

Am 16. und 17. April 1902 wurde die pazifische Küste Guatemalas von einer ganz ungewöhnlich schweren See heimgesucht, am 18. fand in diesem Küstengebiete ein zerstörendes Erdbeben statt. Am 4. Mai, also 16 Tage später, folgte der erste, am 8. Mai der zweite Ausbruch des Mont Pelé und der Ausbruch der Souffrière von St. Vincent. Wie eine Ankündigung dieser ganzen Reihenfolge von Erscheinungen war am 11. April 1902 das stärkste magnetische Ungewitter des Jahres unter gleicher Breite (Manila) voraufgegangen, das ein entsprechendes Echo auch auf dem Magnetischen Observatorium zu Potsdam fand.

Ebenso folgte der eingangs erwähnten verheerenden vulkanischen Flut an der Küste Kolumbiens und Ecuadors nach 16tägigem Zeitraume am 16. Februar 1906 ein neuer Ausbruch des Mont Pelé, anscheinend auch gleichzeitig der Souffrièren von St. Vincent und Santa Lucia, sowie Erdbeben auf einigen benachbarten Inseln, Erscheinungen, die sich bis zum 21. oder 22. Februar steigerten. Die ganze Folge von Erscheinungen hob am 31. Januar 1906 fast zugleich mit einem erdmagnetischem Gewitter an, das vermutlich das stärkste des ersten Quartals 1906 gewesen ist.

Diese und ähnliche Fälle bieten anscheinend eine Bestätigung dafür, daß sich die Wirkung der Sonnentätigkeit, die ja jene magnetischen Ungewitter hervorruft, auch auf die Erdrinde erstreckt und hier Kräfte auslöst, die vernichtend auf das „Gebild der Menschenhand" einwirken. Anderseits läßt sich nicht bezweifeln, daß auch im Bau der Erdrinde selbst primäre Ursachen für seismische und vulkanische Katastrophen liegen, wie die im nächsten Abschnitte wiedergegebenen Betrachtungen zeigen werden.

Eine besondere Erdbebenspezies, die „Zwillingsbeben" behandelt Ch. Davison.**) Zwillingsbeben unterscheiden sich von den häufiger auftretenden Doppelbeben dadurch, daß die beiden Komponenten oder Maxima eines Zwillingsbebens ihren Ursprung in zwei voneinander getrennten Erdbebenherden haben, während bei einem gewöhnlichen Doppelbeben der unterirdische Herd einer ist oder zwei einander überdeckende. Unter 160 von 1889 bis 1904 in Großbritannien beobachteten Erdbeben waren acht Zwillingsbeben, ja die vier stärksten Beben der letzten 21 Jahre waren sämtlich solche. Als Ursache der Zwillingsbeben wird das Wachstum einer Falte angesehen, welche von der das Beben veranlassenden Verwerfung quer geschnitten wird. Bei dieser Annahme besteht der seismische Herd aus zwei getrennten Teilen von verschiedener Tiefe.

*) Globus, Bd. 89, Nr. 20.

**) The Quart. Journal of the Geolog. Soc., vol. 61 (1905), Part 1.

Der Bau der Erdrinde.

Zum Verständnis der nun schon Jahrtausende wirkenden, also anscheinend unerschöpflichen Kraft eines Magmaherdes, wie er unter dem Vesuv liegen muß, versucht uns eine Arbeit des Physikers Tammann über „Kristallisierung und Schmelzen"*) zu verhelfen.

Jede kristallisierte Substanz von konstanter Zusammensetzung zeigt unter dem gewöhnlichen Drucke von einer Atmosphäre eine bestimmte Schmelztemperatur, Phosphor z. B. 44°, Schwefel 111°, Zink 362° C. Diese Schmelztemperatur erhöht sich jedoch, wenn der Körper während des Schmelzens einem höheren Atmosphärendruck ausgesetzt wird, und zwar stets dann, wenn das Schmelzen sich unter Ausdehnung des Körpers vollzieht, was beim Eis bekanntlich nicht der Fall ist.

Es lassen sich so durch Steigerung des Atmosphärendruckes für einen und denselben Körper unendlich viele Schmelzpunkte feststellen, die man zu Schmelzkurven verbinden kann. Tammann hat nun solche Schmelzkurven bis zu Drucken von fast 10.000 Atmosphären und bei Temperaturen von —80 bis +200° C verfolgt. Dabei zeigten sich folgende überraschende Tatsachen:

Bei steigender Schmelztemperatur und steigendem zugehörigen Schmelzdruck eines kristallisierten Körpers nimmt seine beim Schmelzen erfolgende Ausdehnung mehr und mehr ab. Schließlich hört die Ausdehnung ganz auf und nimmt dann sogar negative Werte an, d. h. das Volumen, der Rauminhalt der flüssigen Erscheinung wird kleiner als das Volumen des Körpers in festem Zustand, ihr spezifisches Gewicht also größer.

Aber das ist nicht die einzige merkwürdige Erscheinung bei diesen Versuchen. Bekanntlich wird beim Schmelzen eines Körpers Wärme verbraucht. Diese von dem schmelzenden Körper aufgenommene, für unser Gefühl oder das Thermometer verschwundene Wärme wird als gebundene oder latente Wärme bezeichnet. Erhöhte nun Tammann den Atmosphärendruck weiter und ließ die Temperatur abnehmen, so begann der Schmelzdruck von einer bestimmten Temperatur an ebenfalls abzunehmen. Dieser Umkehrpunkt ist dadurch ausgezeichnet, daß hier die latente Schmelzwärme = Null ist, sie wechselt hier ihre Vorzeichen und wird bei kleineren Temperaturen und Drucken negativ, d. h. beim Schmelzen wird Wärme nicht mehr aufgenommen, sondern abgegeben.

Wenden wir nun diese Erfahrungen auf die Periode der Erdgeschichte an, in der unser Planet aus dem homogenen (in sich gleichartigen) schmelzflüssigen Zustand infolge der Abkühlung durch Wärmeausstrahlung in den festen Zustand überzugehen begann! Es konnten dann zwei Fälle eintreten: entweder wurde infolge von Konvektions-

*) Leipzig 1903. Referat in Nat. Rundsch., 21. Jahrg. (1906), Nr. 15.

strömungen*) ein dauernder schneller Temperaturausgleich zwischen den äußeren und inneren Schichten hergestellt, oder die äußeren Flüssigkeitsschichten wurden erheblich kälter als die inneren. Im letzteren Falle mußten Temperatur und Druck nach dem Innern der Erde zunehmen, und es konnte entweder die einer bestimmten Druckzunahme entsprechende Temperaturzunahme größer sein als die derselben Druckzunahme entsprechende Erhöhung der Schmelztemperatur — oder sie konnte kleiner sein. Das erstere entspricht mehr der Wahrscheinlichkeit, und die Folge davon wäre gewesen, daß die Erstarrung, d. h. die Kristallisation der homogenen Flüssigkeiten in der äußersten Schicht begonnen hätte.

Für noch wahrscheinlicher aber hält Tammann es, daß ein dauernder schneller Temperaturausgleich eintritt. Dann muß die Erstarrung beginnen in einer mittleren Zone, in welcher der Druck der darauf lastenden Flüssigkeitsschicht gerade dem Drucke der maximalen Schmelzungstemperatur entspricht. Diese Kristallisationszone, die sich schalenförmig um das Erdzentrum legt, schreitet bei weiterer Abkühlung sowohl nach Gebieten schwächeren als auch nach solchen höheren Druckes, d. h. nach außen wie nach innen, fort. Nach außen hin erfolgt die Kristallisation unter Volumverringerung, nach innen unter Volumvergrößerung. Da nun das Anwachsen der Kristallisationszone nach innen von Volumvergrößerung, d. h. von zunehmendem Drucke nach außen begleitet ist, so unterliegt jener feste Kristallisationsgürtel einer stetig steigenden Spannung. Schließlich erreicht der Druck den maximalen Schmelzdruck, und von diesem Zeitpunkt ab hört die Kristallisation an der Innenwand der Zone auf, weil die geringste Kristallisationsbildung den Druck vergrößern und sofortige Wiederverflüssigung herbeiführen würde, wie weit die Temperatur auch sinken mag.

Wahrscheinlich liegt jene Erstarrungszone der Erdoberfläche von vornherein sehr nahe, da bereits Tiefen von einigen hundert Kilometern einen Schmelzdruck von 100.000 Atmosphären ergeben. Die schmelzflüssige Planetenmasse ist nun allerdings schon von Anfang an wohl kaum homogen, wenigstens wird sie es bei abnehmender Temperatur nicht bleiben. Es bilden sich dann emulsionsartige, weiterhin schlierige Flüssigkeitsgemenge, deren homogene Bestandteile sich bei abnehmender Temperatur immer weiter spalten, wie man das für die Eruptivgesteinsmassen auch aus ihrer Zusammensetzung vielfach gefolgert hat.

Man hat die obigen Betrachtungen Tammanns also für jede einzelne der flüssigen Phasen anzunehmen und gelangt so zu einer größeren Anzahl verschiedener Erstarrungszonen, die bei verschiedener Temperatur, also zu verschiedenen Zeiten, sowie unter verschiedenem Drucke, also in verschiedenen Tiefen ins Dasein treten und nach außen wie nach innen gegeneinander anwachsen. Die zwischen je zwei Erstarrungszonen liegenden Flüssigkeitsmassen werden bald Druckverminderung, bald Druckvermehrung aufweisen, je nachdem die Kristallisation an der inneren oder an der äußeren Wand des flüssigen Gürtels überwiegt. Denn im ersteren Falle findet Zusammenziehung, im letzteren Ausdehnung statt.

*) Fortleitung von Wärme in Flüssigkeiten durch Strömungen, die auf örtlicher Vermehrung oder Verminderung der Dichte beruhen.

Im übrigen kann infolge immer erneuter „Differenzierung" der Flüssigkeiten und Ausscheidung neuer Kristallarten eine vielfache Verzapfung benachbarter Erstarrungsschalen eintreten, so daß eine Anzahl Flüssigkeitskammern entsteht. So bilden sich peripherische Magmaherde, unweit der Erdoberfläche gelegene, mit Schmelzfluß erfüllte Räume, deren Druck mit fortschreitender Abkühlung wechselt, was zu wiederholtem Bersten der äußeren Schalen und zu Magmaergüssen, d. h. vulkanischen Ausbrüchen, führen kann.

Als unmittelbare Ursachen der Eruptionen hat man entweder eine Vermehrung des Magmendruckes oder eine Verminderung des äußeren Druckes angenommen, wobei dann die Sonnenflecken und der mit ihnen zusammenhängende Luftdruckwechsel ins Spiel kämen. Die letztere Annahme leitet aus Spaltenbildungen, Verwerfungen oder sonstigen mit der Gebirgsbildung zusammenhängenden Effekten örtliche Druckentlastungen her, in deren Folge der Dampfdruck des Magmas den verminderten Außendruck überwinden konnte. Früher dachte man gern an ozeanische Wassereinbrüche in die glutflüssigen Tiefen, die zu einer Art Dampfkesselexplosion führten, eine heute ziemlich überwundene Anschauung. Tammann zeigt, daß jede Schmelze, nicht nur dampfreiches, sondern auch dampfarmes Magma, einen Druck bei seiner Kristallisation ausübt, wofern nur der äußere Druck einen bestimmten unteren Schwellenwert übersteigt. Und dieser Minimaldruck ist wahrscheinlich schon in verhältnismäßig geringer Erdtiefe vorhanden.

Übrigens ist außer solchen in der Erdrinde zerstreuten peripherischen Glutherden auch noch ein Zentralherd anzunehmen, der mit abnehmender Temperatur einen wachsenden Kristallisationsdruck auf den innersten Kristallisationsgürtel ausübt. Durch zeitweilige Berstungen solcher Gürtel kann es zu intratellurischen (im Erdinnern verbleibenden) Eruptionen und zu neuer Speisung peripherischer Herde kommen, Vorgänge, die sich an der Oberfläche vielleicht erdbebenartig äußern. Und alles dieses kann sich so lange wiederholen, bis das Erdganze auf den absoluten Nullpunkt abgekühlt ist. — Schöne Aussichten!

Können wir uns mit Hilfe der Ausführungen Tammanns die nun schon durch Millionen von Jahren anhaltende Fähigkeit der Erdrinde, Magma zu ergießen und sich vulkanisch zu äußern, vorstellen, so erklärt der Engländer C. Davison auf ähnliche Weise die Entstehung der Erdbeben. In einer Abhandlung über die „Spannungsverteilung in der Erdrinde als Ergebnis der säkularen Abkühlung"*) zeigt er im Anschluß an die theoretischen Forschungen Lord Kelvins und Prof. G. H. Darwins, daß das Verhältnis, in dem die Erdwärme abnimmt, mit der Tiefe unter der Erdober-

*) Philosoph. Transactions, Bd. 178; Gaea, 42. Jahrg., Heft 7.

fläche bis zu einem bestimmten Punkte wächst, hier ein Maximum erreicht und dann gegen die Erdmitte wieder abnimmt. Die Tiefe der Stelle, wo das Verhältnis der Abkühlung am größten ist, wächst beständig und wechselt „mit der Quadratwurzel aus der seit Festwerden des Erdballs verflossenen Zeit".

Dieses natürlich nicht auf dem Wege der Beobachtung, sondern auf rein mathematischem Wege erreichte Ergebnis benützt Davison für die Erklärung der Erdbebenphänomene und vieler anderer Erscheinungen in der Oberflächengestalt der Erde.

Er nimmt an, die Erdkruste sei in eine Reihe dünner konzentrischer Schalen geteilt. Betrachten wir zwei aufeinander folgende Schalen, die sich unmittelbar über dem Punkte befinden, in dem das Maß der Abkühlung seinen höchsten Grad erreicht hat. Wenn diese beiden Schichten ihre Wärme in verschiedenem Verhältnis abgeben, so müssen sie sich auch in verschiedenem Verhältnis zusammenziehen. Die innere Oberfläche der äußeren Schale, welche die Wärme langsamer abgibt, zieht sich weniger zusammen als die äußere Oberfläche der inneren Schale. So ergibt sich in der äußeren Schale eine Spannung, die diese zusammenzudrücken sucht. Dies auf die Erdrinde als Ganzes angewandt, so haben wir eine äußere feste Schale, die immer danach strebt, sich einer kleineren inneren Schale anzupassen: es besteht also in jedem Augenblick die Tendenz, den augenblicklich bestehenden Zustand des Gleichgewichtes zu stören, und, sobald dies geschehen, ihn umgekehrt auch wiederherzustellen.

Damit sind alle Bedingungen für ein Erdbeben gegeben; der Versuch zur Wiederherstellung des Gleichgewichtes äußert sich als seismische Erschütterung.

Mit fortschreitender Abkühlung wird auch die Spannung in der Erdoberfläche größer und größer, bis zu einer Zeit, wo die Oberfläche ihr nicht mehr Widerstand leisten kann. Dann erfolgt der Bruch längs der Linie der größten Nachgiebigkeit. Es findet eine Rutschung statt, und die äußere Rinde sucht sich so bald als möglich den neuen Verhältnissen anzupassen. Das Gleichgewicht, dem alle diese Bewegungen zustreben, wird aber wahrscheinlich nie ganz erreicht. Anscheinend folgen die Linien der Nachgiebigkeit den großen Gebirgszügen der Erde, und die Kräfte, welche die Erderschütterungen hervorbringen, mögen auch die von uns als Gebirge bezeichneten Faltungen der Rinde veranlaßt haben.

Allerdings sind allem Anschein nach noch andere Ursachen vorhanden, die in der Nähe von Gebirgszügen häufiger Erdbeben hervorrufen. Durch den Vorgang der Denudation oder Gebirgsabtragung, der unablässig vorwärts schreitet, werden ungeheure Massen Materials von den Höhen herabgeführt und über tieferliegende Flächen verteilt. Dadurch muß im Laufe der Zeit auch die relative Verteilung des auf benachbarten Erdflächen lastenden Gewichtes verändert werden, etwa so, als wenn eine über einem Gewölbe aufgehäufte Last von dem Scheitel allmählich gegen die Gewölbeschenkel verschoben würde. Sobald eine bestimmte Masse wegtransportiert ist, ergibt sich eine Schwächung, die schließlich zum Bruche führt. Ebenso auf der Erdrinde: durch die Tätigkeit der Denudation werden wahrscheinlich bestimmte Stellen stärker belastet und weniger fähig, den Spannungen, die sie zu tragen haben, Widerstand zu leisten.

In der Himalajakette zum Beispiel wird der Gewölbeschenkel durch die großen Bhabarniederungen dargestellt, die, Tausende von Fuß tief, am Fuße des Gebirges liegen. Eine Übersichtskarte des nordindischen Erdbebens vom 4. April 1905 zeigt deutlich, daß das Gebiet größter Stärke nicht den Scheitel, sondern den südlichen Schenkel des Gebirges getroffen hat.

Prof. Darwin bemerkt zu dieser Theorie, daß die Spannung und der wahrscheinliche Bruch einer Schicht, die einige Meilen unter der Oberfläche liegt, auch zur Einzwängung tieferliegender Gesteine zwischen die darüberliegenden führen könne, und so sind Erscheinungen, die Davisons Theorie erwarten läßt, in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Beobachtung, die uns derartige Einklemmungen zeigt.

Wie starke Spannungen schon in ganz geringen Tiefen innerhalb der die Erdrinde zusammensetzenden Gesteinsmassen herrschen können, zeigt die Erscheinung des „knallenden Gebirges", die nicht selten auftritt.

In einem Berichte über den Fortgang der geologischen Beobachtungen an der Nordseite des Tauerntunnels, bemerkt Prof. F. Becke,*) daß sich das Gestein, ein porphyrartiger flaseriger Granitgneis mit schlieriger Entwicklung, an den kluftfreien Stellen stark gespannt erweise, so daß die Erscheinung des „knallendes Gebirges" beobachtet werde. In diesen Strecken lösen sich ohne vorhergehende Anzeichen unter Knall Platten von der freigelegten Tunnelfläche, und zwar auf beiden Ulmen und am First des Tunnels, los; kleinere Gesteinsstücke werden mehrere Meter weit geschleudert. Die Platten erreichen aber manchmal Dimensionen von mehreren Kubikmetern und haben schon Verletzungen und Todesfälle unter den Arbeitern herbeigeführt. Bemerkenswert ist, daß Knallstrecken stets in kluftarmem, kompaktem Gestein auftreten, und zwar nur an den der Tunnelachse parallelen Flächen, nie an den quer zur Achse gestellten Stirnwänden, ein Umstand, der dem entsprechen würde, daß Erdbeben bei Gebirgszügen häufig längs oder parallel der Gebirgsachse, selten an den Querenden auftreten. Die Spannungen, die zum Absprengen der Gesteinsplatten führen, scheinen also in diesen von Sohl- und Firststollen durchbrochenen Flächen nicht zu so starker Entwicklung zu kommen, daß die Festigkeit des Gesteins überwunden wird.

Ein geologischer Revolutionär.

Ansichten wie die vorstehend wiedergegebenen fügen sich noch ganz gut in den Rahmen des zur Zeit geltenden geologischen Lehrgebäudes; sie erweitern es, sie bekämpfen einzelne der Theorien und Hypothesen, aus denen sich das Gebäude zu-

*) Anzeiger der k. Akad. d. Wiss. in Wien 1906, Nr. 2.

sammensetzt, aber sie lassen es als Ganzes gelten und bestehen.

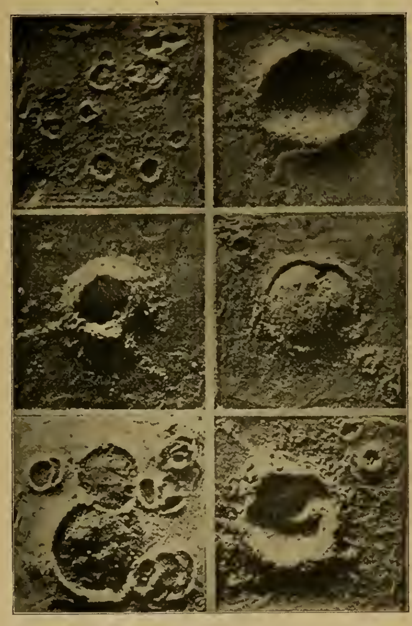
So könnte denn Friede und Einigkeit in der geologischen Wissenschaft herrschen, wenn's nicht auch hier wie in anderen Fächern Störenfriede gäbe, von denen das Wort des Dichters gilt: Ganz anders als in anderen Köpfen malt sich in diesem Kopf die Welt. Sie sind unbequem, sie verursachen Kopfzerbrechen — wahrscheinlich weil sie sich selbst schon lange den Kopf über Dinge zerbrochen haben, die der Zunft als ausgemachte Sache gelten — sie stören den stillen häuslichen Frieden — ganz richtig! Aber sie sind auch der Sauerteig, der neue heilsame Gärung hervorruft, besonders wenn sie neben philosophischem Kopfe auch noch ein tüchtiges Wissen mitbringen. Wie in den vorhergehenden Jahrbüchern, so soll auch in diesem ein solcher Revolutionär, ein alter, schon jahrzehntelang gegen die herrschende Richtung kämpfender, zu Worte kommen, der Geh. Baurat Prof. Dr. Meydenbauer.

„Vor etwa 60 Jahren kam ich als Schulknabe auf einer Fußwanderung nach dem Bahnhofe Neunkirchen, einer Station der damals neu gebauten Eisenbahn von Ludwigshafen über Forbach nach Paris. Der Bahnhof war in einen Bergabhang eingeschnitten und die entblößte Felswand war noch ganz frisch ohne jede Verwitterung. Es war roter Sandstein, in dem auf einer Höhe von zirka 12 Metern wenigstens 20 schwarze Streifen von einigen Zentimetern herab bis unter 1 Millimeter sichtbar waren. Die Streifen bestanden, wie ich alsbald an einer mit dem Taschenmesser herausgeholten Probe feststellte, aus reiner, glänzender Steinkohle, derselben, wie sie massenweise aus den benachbarten Gruben auf dem Bahnhofe verladen wurden.

„Die Tatsache prägte sich dem Knaben tief ins Gedächtnis, im späteren Leben immer Antwort auf die Frage heischend: Wie kommt die Steinkohle in so dünnen Schichten messerscharf getrennt in den roten Sandstein, in dem das schärfste Auge keine Spur von Kohle sonst erkennen könnte?"

So beginnt Prof. Meydenbauer in einem Aufsatze: „Kohle, Kali und Petroleum", den Leser mit dem Ursprung seiner Zweifel an der Richtigkeit der modernen Geologie bekannt zu machen.*) Bis vor kurzem blieb die Felswand in Neunkirchen ein Rätsel. Vor allem die Jahrmillionen, mit denen alle Theorien nur so spielen, wollten in das Bild der roten Sandsteinwand mit den dünnen Kohlenstreifen gar nicht passen. Von einem Streifen zum anderen konnte kein Jahrtausend, nicht einmal ein Jahr, kaum ein Tag vergangen sein, bis die neue Schicht sich auflegte. Die Kohlenbänder konnten auch nicht durch Pflanzenwuchs am Orte entstanden sein, da sonst Spuren vom Mutterboden mit erhalten geblieben wären, mit deutlichen Unterschieden des Hangenden und Liegenden. Die von vielen Fachgelehrten bis heute vorgetragene Entstehungsweise der Kohle aus überdeckten Torfmooren läßt hier völlig im Stich.

Der Sandstein, der die Kohlenbänder einschließt, kann sich nicht aus tiefen Meeren abgesetzt haben. Auch Flußwirkungen können die Sandsteinablagerungen, die große Länder in vielen hundert Metern Höhe bedecken, nicht hervorgebracht haben, ebensowenig Springfluten des Meeres, wie man wohl angenommen hat. Die bis 1000 Meter mächtigen Sandsteindecken abzusetzen, das setzt Fluten voraus, die in senkrechter Wand von mindestens 5000 Meter Höhe mit ungeheurer Geschwindigkeit über das Land rasten, schnell wieder verliefen oder, von festen Ufern zurückgeworfen, in mehrfachen Schwankungen hin und her wogend den Boden unter sich umgestalteten. Erst die Übertragung von Auffassungen, die Prof. Meydenbauer beim Studium kosmischer Probleme gewonnen hatte, auf irdische Vorgänge,



Gebilde der Mondoberfläche, experimentell hergestellt von A. Meydenbauer.

brachte unvermutet die Lösung des Rätsels. Auf welchem Wege diese Studien sich bewegten, wird der dafür sich interessierende Leser beim Durchblättern der Zeitschriften „Gaea"*) und „Sirius" leicht ersehen.

Das Studium der kosmischen Probleme führte Prof. Meydenbauer zu der sogenannten Aufsturztheorie, d. h. der Bildung aller Himmelskörper durch Ballung von Einzelkörpern kleinster Art. Diese Erkenntnis begann mit der Beobachtung, daß die Sternschnuppen selten feste Körper von bedeutenden Abmessungen sein können, sondern

*) Himmel und Erde, 18. Jahrg. (1906), Heft 9.

*) Bd. 29, Das Innere von Planeten und Monden; Bd. 34, Die kosmische Aufsturztheorie; Bd. 38, Vulkane, Erdbeben und die Aufsturztheorie (von Meydenbauer); Bd. 31, Über Versuche, die eigentümliche Gestalt der Mondoberfläche zu erklären (E. Althans); Bd. 34, Experimentelle Darstellungen von Gebilden der Mondoberfläche (H. Alsdorf). Dazu Sirius, Jahrg. 1874, 1877, 1882 u. s. w.

meist nur Ansammlungen staubförmiger Massen, die in die Atmosphäre eintreten und, wenn sie feste Massen enthalten, diese auch zur Erde fallen lassen, seien sie von Erbsen- oder Mondesgröße.

Es ist Meydenbauer und auch anderen Forschern vor und nach ihm, ihm aber in sehr vollkommener Weise, gelungen, das Relief der Mondoberfläche durch Herabfallenlassen kleiner Körper auf eine ebene Fläche nachzubilden. Prof. Meydenbauers Versuche unterscheiden sich von denen anderer dadurch, daß er feste kalte Massen verwendete. Es wurde aus Dextrin, Kalkstaub u. dgl. auf ebener Unterlage eine etwa 2 Zentimeter dicke Schicht glattgestrichen und auf sie aus Höhen von 5 bis 20 Zentimetern kleine Mengen desselben Materials mit einem Löffelchen oder abgerundeten Papierstückchen herabgestürzt. Die so hervorgebrachten Fallspuren ähneln den auf dem Monde vorkommenden Oberflächenformen auf das täuschendste. Man kann nach Gefallen feine schmale Ringe mit ganz ebenem Innern, sogenannte Krater mit und ohne Zentralberg, die runden Löcher ohne aufgeworfenen Rand, sogenannte Kratergruben, die Strahlensysteme, vor allem auch die rätselhaften Mondrillen nachbilden.

Da zu alledem nur feste kalte Massen verwendet zu werden brauchen, so setzt die auf diese Versuche gegründete kosmische Theorie auch nur Massen voraus, die auf die Temperatur des Weltraumes abgekühlt und darum in festem Aggregatzustand befindlich sind. Sie erfüllten ursprünglich, staubförmig verteilt, große Räume, vereinigten sich, erst später in Bewegung geratend, zu dichteren Massen und gerieten dabei unter gewissen Umständen in Wärme. Die Vereinigung erfolgte zuerst in lockeren kugeligen Massen, der Schäfchenbildung der Wolken in unserer Atmosphäre vergleichbar. Das sind die Körper kleinster Ordnung, wie wir sie in den Sternschnuppen noch heute fallen sehen, in den Kometen und im Saturnsring mit Recht vermuten. Ihre materielle Beschaffenheit tun uns die fallenden Meteore kund. Es sind reine Metalle (Eisen mit Nickel), Kohle als Diamant, nach bekannten chemischen Gesetzen zusammengesetzte Körper, vor allem überwiegend Silikate, die man unter dem Namen Urgesteine zusammenfaßt. Dahin gehören nicht nur Granit, Syenit und dgl., sondern alles, was wir vulkanischen Durchbrüchen zuschreiben und was doch nicht, wie Basalt, geschmolzen ist, also Porphyr, Serpentin, Urkalk usw.

In den ursprünglich lockeren Massen bilden sich anscheinend im Verlauf längerer Zeiträume feste Kerne. Gleichzeitig geraten die Massen in Bewegung, indem sich ein Zusammenströmen nach dem gemeinschaftlichen Schwerpunkt ausbildet, veranlaßt durch das Eindringen eines anderen Körpers oder durch Anhäufung einer größeren Masse an einem Punkte unter dem Einflusse innerer Kräfte: Wärme, Elektrizität, Radioaktivität. Nun nehmen zusammenströmende bewegliche Massen stets eine drehende Bewegung an, wobei jedes Teilchen eine kegelförmige Spirale beschreibt, ohne den Weg eines anderen Teilchens derselben Masse zu kreuzen (Beisp.: Windhosen in unserer Atmosphäre, Wasserablauf durch das Spundloch einer Badewanne). In einer frei im Raume schwebenden Kugel muß sich bei Zusammenströmen der Teilchen sofort eine durchgehende Hauptachse bilden, um die sich ohne gegenseitige Störung alle Teilchen drehen. Ein solcher Kugelwirbel hat jedem selbständigen Himmelskörper Gestalt und Bewegung gegeben. In dem primären Wirbel konnten sich sekundäre, in diesen tertiäre Wirbel ausbilden, was dann zur Ausbildung von Planetensystemen führte, ein Vorgang, den wir hier nicht weiter verfolgen können.

Die Temperatur der primären Zusammenballungen konnte nur die des Weltraumes sein, d. h. —270° C. Eigentliche Zusammenstöße fanden während der Ausbildung des Kugelwirbels nicht statt, wie die Natur immer mit den einfachsten Mitteln arbeitet und Energieumsetzung vermeidet, wenn es zum Zwecke nicht nötig ist (Anti-Kant). Die anfänglich gebildeten festen Kerne entstanden durch einfaches Aneinanderlegen der Teilchen, wobei eine etwaige Temperaturerhöhung der noch kleinen Massenindividuen sofort in den kalten Weltraum ausgestrahlt wurde. Erst nach Zusammentritt größerer Massen entstanden durch Massenanziehung Aufstürzungen der kleineren auf die größeren und damit Temperaturerhöhung. Weitere Quellen der Wärme sind energische chemische Vorgänge, die in den noch weit im Raume zerstreuten Teilchen hintangehalten wurden.

Prof. Meydenbauer leitet aus dem Verlaufe des Kugelwirbels für unser Sonnensystem folgende Eigenschaften ab:

1. Alle Glieder des Sonnensystems sind gleichaltrig (Anti-Laplace).

2. Die Temperaturen sind proportional den Massen. — Auf der Erde haben, nachdem sie durch Aufsturz der im sekundären Kugelwirbel ihr zugeteilten Massen nahezu den heutigen Umfang erreicht hatte, die letzten aus größerer Höhe kommenden Aufstürze unweit der Oberfläche lokale Glutherde erzeugt. Auf dem Monde sind Glutherde kaum zu stande gekommen, oder sie sind im Laufe der Zeit längst ausgekühlt. Auf den größeren Planeten ist Gluthitze noch heute wahrscheinlich vorhanden, nur infolge der ungeheuren Atmosphären unserer Beobachtung unzugänglich, während die Temperatur auf der Sonne sehr hoch, aber wegen begrenzter Masse eine begrenzte ist.

3. Wo ein solider Körper aus dem sekundären und tertiären Kugelwirbel nicht hervorgegangen ist, mußte sich die Ringform ausbilden. So haben wir einen Ring der Asteroiden, in dem sich die Bälle kleinster Ordnung zu einer großen Anzahl kleinerer Körper zwar vereinigt haben, die aber in der Ringform zerstreut sind. Im Saturnsring ist die Masse eines tertiären Wirbels ebenfalls in Ringform verblieben. Die Massenvereinigung wird anscheinend durch die Außenmonde verhindert; die Einzelkörper des Saturnringes sind noch viel kleiner als die Asteroiden. Beide Ringe sind Erzeugnisse gleicher Ursachen und unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander.

4. Fallspuren der aufgestürzten Massen sind nachweisbar auf dem Mars, der Erde und dem Mond.

Der Mars zeigt dunkle Flecken, die durch Kanäle verbunden sind. Erstere sind die Einschlagstellen ziemlich großer Massen von mindestens gleichem Durchmesser wie seine beiden kleinen noch umlaufenden Monde. Vermutlich hat der Aufsturz der Massen den Marskörper mit tiefen Spalten, analog den Mondrillen, durchzogen, die durch das infolge wechselnder Eisschmelze von Pol zu Pol strömende Wasser so stark erweitert wurden, daß sie für uns sichtbar sind.

Auf der Erde sind die Fallspuren *) großenteils verwischt durch den Einfluß des Wassers. Auf dem Monde aber sind sie fast unverändert erhalten von den Begrenzungslinien der ersten Massenvereinigung an bis zu den kleinsten Kratergruben. Eine solche Begrenzungslinie stellt der eine vollkommene Kreislinie bildende Zug der Kettengebirge Karpathen, Apenninen, Kaukasus und Alpen dar; größere Einschläge zeichnen sich als Mareflächen, alle kleineren als sogenannte Krater ab. Alle diese Einschläge haben eine verhältnismäßig kurze Zeit als Möndchen den Mondkörper umschwärmt und sind sämtlich nach und nach aufgestürzt, die größeren zuerst, die kleinsten zu allerletzt, wie man deutlich ablesen kann vom Antlitz des heutigen Mondes, auf dem die kleinen Einschlaglöcher ohne jede Rücksicht auf die großen Fallspuren verteilt sind.

Noch heute kommen in unserem Sonnensystem selbständige Himmelskörper von der Größenklasse der Mondaufschläge vor. Der neuentdeckte sechste Jupitermond kann nur einen Durchmesser von etwa 150 Kilometern haben, und ebenso viel hat der Ring Langrenus auf dem Monde. Beide sind gleichen Ursprungs und gleicher Beschaffenheit, erhielten freilich sehr verschiedene Stellung im Sonnensystem zugewiesen. Nur die Mareflächen scheinen in einer Art Einebnung begriffen zu sein, indem sie aus Stoffen (Wasser, Schwefel u. dgl.) bestehen, die bei einer 14tägigen Sonnenbestrahlung oberflächlich erweicht oder gar verflüssigt werden. Die Mondrillen sind Aufsprengungen der Oberfläche durch tiefer einschlagende Massen, die sich ebenso wie die Strahlen in dem oben beschriebenen Experiment nachahmen lassen.

Alle diese Eigentümlichkeiten der Mondoberfläche lassen sich auch auf der Erde nachweisen, sind aber durch die überwiegende Wasserbedeckung der Erdoberfläche derart verwischt, daß sie lange Zeit unbekannt bleiben konnten. Die großen Gebirgszüge, die von den ersten großen Massenvereinigungen herrühren, sind von jüngeren Aufstürzen stark maskiert. Von vornherein entstand aber ein wesentlicher Unterschied, je nachdem der Einschlag des Ankömmlings in Wasser oder auf festes Land erfolgte: Die in mehr oder weniger tiefe Meere erfolgten Aufstürze verursachten ungeheure Wellen, und diese bilden das große Agens, das die Erdoberfläche umgestaltet hat. In vielfacher Wiederholung kamen jene Wellen in meilenhoher Auftürmung über den Meeresgrund und das bis dahin aufgetauchte Land gestürmt, schafften zunächst aus dem Urgestein das Sekundär und in späterem Verlaufe aus diesem das Tertiär, in das sich dann, in immer kleineren Massen von oben fallend, wieder Urgestein mischte.

Der Kugelwirbel ließ, wie schon bemerkt, erst die größeren, dann die kleineren, zuletzt die allerkleinsten Massen niedergehen, bis die Erde nur den einen Mond als Begleiter behielt. Jetzt erklärt sich zwanglos das Vorkommen von allerlei Urgestein inmitten sekundärer und tertiärer Umgebung. Von den vermutungsweise angenommenen Durchbrüchen aus einem glühenden Erdinnern durch eine oberflächliche Erstarrungskruste steht nach Meydenbauers Ansicht nur in Büchern geschrieben; von einem von unten kommenden Durchbruchskanal, der mit nicht geschmolzenem Material ausgefüllt wäre, ist noch niemals eine Spur gesehen worden! Sämtliches Urgestein enthält den Quarz in einer Modifikation, die anders reagiert als die wirklich geschmolzenen Massen, die Basalte, wie schon Mohr bis jetzt unwiderlegt gezeigt hat. Der Trachyt im Siebengebirge, die daneben befindlichen Tuffe, die Tonlager im Nettetal, bei Vallendar, Höhr im Westerwald sind meteorischen Ursprungs. Ein einzig dastehendes charakteristisches Beispiel eines jüngsten Einschlages stellt das Nördlinger Ries dar.

Neben den Fluten haben die Aufstürze aber noch eine weitere Folge gezeitigt, das sind die Vulkane, die nach Stübels überzeugendem Nachweis auf vereinzelten Glutherden stehen. In der Aufsturztheorie ergeben sich diese lokalen Glutherde ganz einfach aus der beim Aufsturz genügend großer und schnell fallender Einzelmassen entstehenden Wärme.

Die bei weitem folgenschwerste Einwirkung der letzten größeren Einschläge auf die bereits gestaltete Erdmasse war bei Beiseiteschiebung der oberen Schichten, die sich in Verwerfungen, Aufrichten, Überschiebungen und Umkippen der bereits abgelagerten Schichten dokumentiert und zu deren Erklärung das Schrumpfen einer erstarrten Erdkruste niemals ausreicht. Die ungeheuren, tief ins Erdinnere wirkenden Spannungen und Zerrungen wirken noch heute nach und sind die letzten Ursachen der gegenwärtigen Erdbeben.

Auf Grund der Aufsturztheorie läßt sich die Herkunft der drei oben genannten Mineralien leicht erklären. Zunächst die Kohle. Die gewaltigen Sturzwellen fegten die Vegetationsdecke ganzer Kontinente, die sich in der wasserdampf- und kohlensäurereichen Atmosphäre massenhaft entwickelt hatte, in eine einzige Mulde und bedeckten sie sofort durch die aufgewühlten Erdmassen ganzer abrasierter Gebirge. Immer und immer wieder nahm die Pflanzenwelt den Kampf auf, um ebenso oft wieder mit allem, was darin lebte, begraben zu werden. Das Spiel wiederholte sich bis in das jüngste Tertiär, in dem die Braunkohle entstand und in jeder einzelnen Lagerstätte die Geschichte ihres Entstehens erzählt. Die Sandsteinwand bei Neunkirchen ist jetzt auch kein Rätsel mehr. Auch die noch ganz erhaltenen Exemplare der Riesentiere der Vorzeit, der Saurierskelette zum Beispiel, zeigen den plötzlichen Tod mitten im Leben durch Bedecken mit über sie geschwemmten Erdmassen an.

*) Siehe Jahrb. I, S. 52.

Daß auch Steinsalz als geschlossene Masse zu einer bestimmten Zeit gefallen ist, daß namentlich das sogenannte ältere Steinsalz noch unverändertes meteoritisches Salz ist, davon war Prof. Meydenbauer schon seit vielen Jahren überzeugt. Die Kalilager liegen, meist mit Anhydritbändern durchsetzt, über dem älteren Steinsalz und sind vielleicht durch Anreicherung der oberen Schichten infolge deren Auflösung durch darübergehende Fluten gebildet. In dieser Beziehung würde Meydenbauers Theorie mit der alten Meerbusentheorie (siehe Jahrb. IV, S. 88) zusammenfallen, nur daß erstere die 1000 Meter tiefe, senkrecht in das Nebengestein einschneidende Senkung und die Wasserfluten gleich mitbringt, während ein so beschaffener und so gelegener und so wieder ausgefüllter Meerbusen seinesgleichen, nach den heute wirkenden Kräften zu schließen, niemals gehabt haben kann.

Das ältere Steinsalz hat alle Verschiebungen und Verwerfungen mitgemacht, die der Erdkörper infolge der noch lange Zeit nachher und an allen Stellen einschlagenden Aufstürze erfahren hat. Darum heute noch die Unsicherheit, ob Kali an bestimmter Stelle zu finden ist oder einmal da war. Ebenso wie Lehm und Sand im Tertiär wieder aufgehoben und weit hinweggetragen wurden, ist es auch mit Salz geschehen, und geringere Vorkommen können deshalb sekundärer Entstehung sein. Die Aufsturztheorie gibt auch eine Erklärung für die merkwürdige Tatsache, daß weder im älteren und jüngeren Steinsalz noch im Kalisalz Organismen vorkommen, die doch in viel älteren Niederschlägen, und zwar im Zechstein noch unter dem Steinsalz, vorkommen.

Endlich das Petroleum! Daß in frisch gefallenen Meteoriten Bitumen*) vorkommt, weiß man längst. Nach der jetzt geltenden Meerbusentheorie gehören Salz und Petroleum zusammen; aber diese Theorie hat als einzige Stütze die Beobachtung, daß tierische Reste unter gewissen Umständen in petroleumähnliche Beschaffenheit übergehen. Nach der Aufsturztheorie ist Petroleum ebenso aus dem Weltraum gekommen wie alles andere. Salz und Petroleum finden sich in allen geologischen Horizonten und völlig unabhängig voneinander. Während das einzige kleine Vorkommen bei Wietze in dem großen Salzlager der norddeutschen Tiefebene wegen Unergiebigkeit jüngst unter den Hammer kam, hat man von Salz- oder gar von Kaligewinnung in den ergiebigsten Petroleumländern der Erde noch nichts gehört.

Außer diesen negativen Beweisen gibt es noch schwer anfechtbare positive. Der Komet vom August 1882 zeigte in Sonnennähe das Natriumspektrum! Also gibt es Natrium im freien Weltraume. Eine der ersten Errungenschaften der neu entdeckten Spektralanalyse war der Nachweis, daß in vielen Kometen Kohlenwasserstoffe enthalten seien; diese wurden, auf der Erde zu Petroleum verdichtet, von der gerade getroffenen Unterlage aufgesogen.

*) Verschiedene, meist aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzte Substanzen von brenzligem oder teerartigem Geruche, wie Asphalt, Erdöl, Bergteer.

Damit ist — nach Prof. Meydenbauer — die Kette geschlossen, die von den kosmischen Wolken durch alle Glieder des Sonnensystems reicht und Kohle, Kali und Petroleum zu ihren Gliedern zählt.

Erze und Lagerstätten.

Mit der vorstehend geschilderten Aufsturztheorie würde sich sehr wohl die bekannte Tatsache vereinigen lassen, daß das Erdinnere aus sehr schweren, an spezifischem Gewichte dem Eisen nahekommenden Massen besteht. Offenbar mußten diese schweren Stoffe zuerst zusammenströmen und den Grundstock bilden, an den sich die leichteren Massen nach und nach angliederten. Wenn nun trotzdem nahe der Erdoberfläche oder auf ihr Schwermetalle gefunden werden, so hat die Geologie die Aufgabe, das Heraufkommen dieser Mineralien aus die Tiefe zu erklären, falls sie sich nicht der Annahme Prof. Meydenbauers anschließen will, daß diese oberflächlich gelagerten oder eingesprengten Massen ihr Dasein sehr jungen Aufstürzen aus dem Weltall verdanken.

Bei einigen gewaltigen Meteoreisenmassen kommt die Geologie um diese Annahme nicht herum. Im übrigen aber erklärt sie die Entstehung von Erzlagerstätten nicht auf so einfache Weise, wie sich aus folgendem ergibt.

Seit Eröffnung der Ofotenbahn im Norden der skandinavischen Halbinsel (s. Jahrb. der Weltreisen, Bd. I, S. 14) hat die Ausbeutung der dortigen, schon zwei Jahrhunderte lang bekannten Erzlager einen gewaltigen Aufschwung genommen und der Forschung vielfachen Anreiz zur Erklärung der Entstehung dieser Lagerstätten gegeben. In jüngster Zeit hat der Freiberger Geologe O. Stutzer die Bergwerke bei Kiruna und Gallivare besucht und sich mit ihrer Entstehungsweise beschäftigt.*)

Die Eisenerzlagerstätten bei Kiruna (Kiirunavaara, Luossavaara und Tuollavaara) werden größtenteils im Tagebau ausgebeutet und bieten dem Geologen die wundervollsten, fortwährend sich ändernden Aufschlüsse. Der Kamm des langgestreckten Kiirunavaara-Bergrückens besteht ebenso wie die Spitze des Luossavaara aus einem Magnetit (mit etwas Apatit). Die Flanken der Berge (auch des Tuollavaara) bestehen aus Porphyr. Die Ebene und die Berge herum sind meist mit Diluvialgeröll und Morast angefüllt; doch hat man westlich Syenit (Augitsyenit) und östlich die sogenannten Hauptschiefer nebst Konglomeratbänken und darüberlagernden Quarziten nachgewiesen. Bohrungen ergaben ein bestimmtes steiles Fallen des Erzes, das zwischen 50 und 60° nach Osten schwankt. Daher bezeichnet man auch den westlichen Porphyr als den liegenden, den östlichen als den hangenden. Die Breite des Erzlagers schwankt meist zwischen 54 und 152 Meter, wächst aber an einer Stelle bis zu 255 Metern an. Sein Eisenerzreichtum wird von einer Seite auf ungefähr 300, von anderer sogar auf 500—750 Millionen Tonnen geschätzt,

*) Zeitschr. für prakt. Geol., 14. Jahrg. (1906), Heft 3 u. 5.

von denen 100 Millionen allein durch Tagebau zu gewinnen seien.

Das Erz, im allgemeinen reiner Magnetit, ist fest und hart. Der Eisengehalt schwankt zwischen 67 und 71%. Das Eisenerz tritt nackt zu Tage ohne eisernen Hut (ausgehende oxydische Eisenerze). Alle Verwitterungsprodukte sind in der Diluvialzeit durch die abscheuernde Wirkung der Gletscher entfernt worden. Luossavaara war von einer Grundmoräne bedeckt, die jetzt abgeräumt ist, so daß man die Oberfläche des anstehenden Gesteins auch hier unverhüllt sieht. Den Anblick bezeichnet Stutzer als einen der geologisch erhabensten, die er je sah. Der ganze Hügel ist glatt geschliffen. In der Mitte erstreckt sich zwischen dem Porphyr eine mächtige dunkle Magnetitmasse, die voll der schönsten Gletscherschrammen ist. Nach der Richtung dieser Schrammen muß man annehmen, daß die sie verursachenden Gletschermassen von dem südwestlich gelegenen Kebne Kaisse (2135 Meter), dem höchsten Berge Schwedens, herabkamen.

Das Erz, an dem außer dem Magnetit noch, oft innig mit ihm gemengt, aber quantitativ völlig zurücktretend, Apatit auftritt,*) schließt zahlreiche andere Mineralien ein, z. B. Porphyrmassen, eine chlorotisierte Bergart, ein graues, Hornblende und Chlorit enthaltendes Gestein, die mit dem Porphyr der Bergflanken nicht in Verbindung stehen.

Von weitem betrachtet erscheint die Grenze zwischen letzterem Porphyr und dem Erze meist scharf, kommt man aber näher, so bemerkt man eine Übergangszone zwischen reinem Porphyr und reinem Magnetit. Scharf begrenzte Magnetitgänge sind mitunter in den Porphyr eingedrungen, und auch im großen sendet das Erz dichte Magnetitmassen in den Porphyr hinein, in Luossavaara z. B. solche bis zu 1 Meter Mächtigkeit.

Weit häufiger zeigt sich an der Grenze eine richtige Imprägnationszone (Gegend, wo der Porphyr durch eindringendes Erz sozusagen gesättigt ist). Unscharf begrenzte, nebelhafte Magnetitadern durchziehen den Porphyr, häufig sich verzweigend und wieder ineinanderfließend. Herrscht hiebei der Porphyr vor, so haben wir das Bild eines weitmaschigen Netzes vor uns: sich häufig gabelnde, dünne und immer dünner werdende Magnetitgänge im Nebengestein, wie besonders schön und häufig in Luossavaara sichtbar.

Wie erklärt sich nun die Entstehung dieser Eisenerzlager?

Dieses primäre, d. h. an Ort und Stelle entstandene Eisenerz könnte sich auf zweierlei Weise gebildet haben, entweder gleichzeitig mit dem Nebengestein (syngenetisch) oder nachträglich in den Porphyr eingedrungen (epigenetisch). In letzterem Falle könnte das Erz pneumatolytisch, aus übersättigten heißen Gasen und Dämpfen, thermal, aus übersättigten wässerigen Lösungen oder magmatisch, als Schmelzfluß in das Gestein gelangt sein. Fast jede dieser Entstehungsweisen scheint etwas für sich zu haben. Stutzer entscheidet sich für eine epigenetische, magmatische Entstehung, für einen als Schmelzfluß heraufgedrungenen Gang, der als Hauptgemengteile Magnetit und Apatit führte, welche beiden Mineralien hier gleichen Alters sein werden. Von diesem Gang aus wurde dann das Nebengestein pneumatolytisch beeinflußt, und es entstand hiedurch die öfters erwähnte Imprägnationszone.

Für diese Bildung spricht folgendes:

1. Das Vorkommen von primärem Magnetit, Apatit und Titanit im Augitsyenit und den Porphyren sowie in der Erzmasse.

2. Die Art des Auftretens: langgestreckte, scharf begrenzte dichte Eisenerzmassen ohne Drusen, die Imprägnationszone mit Drusen,*) Gängen und Apophysen im Nebengestein.

3. Das Auftreten von Fließstrukturen (Schlieren) im Eisenerz. Auf dem Kamme des Kiirunavaara zeigen sich merkwürdige, durch Herauswitterung entstandene Strukturbilder, Schlieren oder schlackenähnliche Fließstrukturen von einem anscheinend dichteren und glänzenderen Eisenerz, die in einer mehr porös aussehenden, matteren Eisenerzmasse lagern. Diese gebogenen, gewundenen oder gangartig gebildeten Schlieren entstanden wohl dadurch, daß der Magnetit auf dem Berggipfel Wind und Wetter trotzte, ohne sich zu zersetzen, während der Apatit leichter angegriffen und entführt wurde. Daher erscheinen die phosphorreichen Eisenerzmassen oberflächlich porös und rauh, die Magnetitschlieren aber festgefügt und dicht.

Auch hinsichtlich der weit bekannteren, heute schon 1·5 Millionen Tonnen Eisenerz jährlich produzierenden Eisenerzlagerstätte Gellivare sind die Ansichten über die Entstehungsgeschichte des Lagers geteilt. Das bis jetzt noch größtenteils im Tagebau gewonnene Erz ist hier wie bei Kiruna Magnetit und Apatit. Während es dort aber hart und fest war, haben wir hier meist körniges, schon mit der Hand zerreibliches Erz, dessen Sprengungen von vielem Staub begleitet sind. Das Nebengestein, auf dessen Deutung für die Bestimmung der Entstehung des Erzlagers viel ankommt, besteht aus mehreren Gneisvarietäten (roter und rotgrauer Gneis, Hornblendegneis) sowie quarzreichen, das Erzlager durchsetzenden Gesteinen, die man nur fälschlich als Granit bezeichnen kann. Es ist sehr natronreich.

Der Magnetit und der Apatit des Erzes sind kristallinisch und treten selten in kompakten festen Massen auf. Auch hier tritt der Apatit an Menge sehr zurück; örtlich beschränkt finden sich in dem Erzlager noch Hornblende, Kupferkies, Pyrit, Flußspat, Kalzit und Zeolith. Erz und Nebengestein sind geschiefert; die einzelnen linsenförmigen Lagerstätten folgen sich nicht immer in einem oder mehreren konstanten Niveaus, sondern überlagern sich häufig und liegen dann parallel nebeneinander.

Obwohl Stutzer mit der Ansicht nach Gellivare gekommen war, die Eisenerzlagerstätte sei sedimentär, änderte er nach der Besichtigung und angesichts der großen Ähnlichkeit von Gellivare und Kiruna diese Meinung. Er hält nunmehr auch diese Eisen-

*) Magnetit, Eisenoxydoxydul, Fe_3O_4; Apatit, entweder Chlorapatit $Ca_5Cl(PO_4)_3$ oder Fluorapatit $Ca_5Fl(PO_4)_3$.

*) Kleinere, häufig mit Kristallen ausgekleidete Hohlräume; Apophysen = Ausläufer eines Mineralganges oder Stockes, die in das Nebengestein eindringen.

erzlagerstätte für eine ursprünglich epigenetische, und zwar für eine metamorphosierte (nachträglich umgewandelte). Auch Gellivare ist wahrscheinlich wie Kiirunavaara eine nach oben gewanderte magmatische Ausscheidung, ein schlierenartiger Gang, mit starker seitlicher Imprägnation. Ein Unterschied besteht nur in der Textur des Gesteines und des Erzes. Bei Kiruna haben wir Augitsyenit, Porphyr und festes, kompaktes Erz; in Gellivare ein metamorphosiertes Nebengestein (Gneis) und ein metamorphosiertes Erzlager (kristallinische Apatit- und Magnetitmassen).

Welche Kräfte das Eisen aus der sicherlich bedeutenden Tiefe, in der wir es uns ursprünglich gelagert denken müssen, emporgetrieben haben — diese Frage bleibt leider unbeantwortet. Bei allen jetzt stattfindenden vulkanischen Magmaergüssen kommen bekanntlich derartige Eisenmassen nicht mehr zu Tage, sondern nur im Verhältnis zum ganzen Lava- und Aschenquantum minimale Mengen.

Die Annahme, daß das Erz als magmatische Masse aus dem Erdinnern emporgedrungen sei, ist nur in gewissen Fällen zulässig. In anderen Fällen muß man annehmen, daß es in aufgelöstem Zustand mit seinem Lösungsmittel in die es einschließenden Gesteine gelangt sei, oder daß es als festes Metall in die Gesteine diffundiert sei (sich ergossen habe).

Über eine solche Diffusion fester Metalle in feste kristallinische Gesteine hat Dr. G. B. Trener Versuche angestellt.*) Diese wurden bei Temperaturen, die tief unter dem Schmelzpunkte des betreffenden Metalls liegen, durchgeführt und haben ergeben, daß feste Metalle ebensogut in feste kristallinische Gesteine hineindiffundieren wie Metalle untereinander. Es ist also möglich, daß, wenn eine magmatisch ausgeschiedene, schon fest gewordene heiße Erzmasse mit der kühleren Wand des Kontaktgesteins in Berührung steht, die Metalle in die Poren des angrenzenden Gesteins hineindiffundieren. Welche Rolle die Diffusionserscheinungen — es können auch gasförmige und flüssige Körper diffundieren — bei der Bildung von Erzlagerstätten spielen, das wird sich erst bei Anwendung der durch Dr. Treners Experimente erlangten Resultate auf die in der Natur gegebenen Verhältnisse erweisen.

Eine von der Genesis der nordschwedischen Erzlager abweichende Entstehung schreibt J. Morozewicz den am linken Ufer des Uralflusses gelegenen Eisenerzlagerstätten des Magnetberges im Südural zu.**) Dieses Lager, dessen Erze, unterbrochen von verwittertem kaolinartigen Gestein oder Granatfels, einen Flächenraum von ungefähr 2 Quadratkilometern einnehmen, enthält nach der Schätzung des Untersuchers 37,625.000 Tonnen Erz. Die vorherrschende Erzart ist Magneteisen, das teils rein, teils mit Granat und Quarz gemengt, teils auch als Sand in Taschen des Granatfelses vorkommt. Eisenglanz und Roteisenerz sind nur zum Teil als Zersetzungsprodukte dieses Magnetits aufzufassen.

*) Verhandl. der k. k. geol. Reichsanst. 1905, Nr. 17/18.
**) Mineral. und petrogr. Mitt., Bd. 23 (1904); Neues Jahrb. für Min., Geol. und Pal., Jahrg. 1906, Bd. 1, Heft 3.

Der Magnetberg, dessen Hauptmassiv von ineinander übergehenden Graniten und Dioriten gebildet wird, bedeckt mit seinen Verzweigungen einen Flächenraum von etwa 26 Quadratkilometern. Er liegt innerhalb eines breiten Streifens von Porphyren und Felsiten, der im Norden von Graniten und Syeniten, im Süden von Porphyriten, Dioriten, Diabasen, Trümmergesteinen begrenzt wird. Von Süden her dringen keilförmig zwei Gesteinsbänder in die Porphyr- und Felsitzone ein, deren eines aus Diabas- und Dioritgesteinen, deren anderes aus unterkarbonischen Kalken besteht.

Die vulkanischen Vorgänge, welche die Magmamassen der Porphyre, Diabase, Keratophyre und Porphyrite des Berges emporbrachten, haben sich in nachkarbonischer Zeit abgespielt. Nach Abschluß dieser Periode folgte eine Zeit tiefeingreifender Erosion und Zerstörung, deren Ergebnis der heutige Zustand ist. Alle Erzlager sind durch eine Übergangszone sekundärer Gesteine, unter denen der Granatfels im Vordergrunde steht, von den primären kristallinischen Gesteinen getrennt, und es ist dabei das Erzlager um so reicher, je stärker der Granatfels zerstört ist. Alle Erzlagerstätten liegen entweder an den Abhängen oder am Fuße des Berges.

Hinsichtlich der Entstehung des Erzes, über die es ein halbes Dutzend Hypothesen gibt, schließt Morozewicz sich der Hypothese von Bischof an, indem er sich für die Entstehung durch allmähliche, unter Einfluß des Wassers vor sich gehende chemische Zersetzung von Augit ausspricht. Auch für die Erze vom Berge Blagodatj und vom Berge Wyssakoja behauptet er die gleiche Entstehungsart. An der Hand chemischer Formeln wird gezeigt, wie eine solche (hydrochemische) Umsetzung von Augit unter dem Einflusse von Atmosphärilien in Granat, Chlorit, Karbonate und Quarz verläuft, wie dann weiter der Granat in Epidot, Erze, Kalzit und Quarz zerfallen kann und auch Epidot und Chlorit noch Erze liefern können. Es wären also diese Erze durch „hydrochemische eluviale Konzentration", durch Umwandlung von Augit-Feldspatgesteinen unter dem Einflusse der Atmosphärilien (Frost, Hitze, Regen, Tau usw.) und unter teilweiser Wegführung der leichteren oder leicht löslichen Zersetzungsprodukte entstanden.

Einen engen Zusammenhang zwischen vulkanischer Tätigkeit und Erzbildung nimmt auch F. Freiherr Fircks für einige Erzlagerstätten der Provinz Almeria an der Südostküste Spaniens an.*) Der große Erzreichtum der ganzen Ostküste Spaniens hängt nach ihm unzweifelhaft mit dem Zutagetreten der jungeruptiven Massen und mit den diese begleitenden hydro-thermalen Vorgängen zusammen. Andesit-, Dazit-, Liparit- und Trachytergüsse erscheinen als Begleiter und Träger einer großen Anzahl von Lagerstätten, die schon zu Zeiten der Phönizier, Karthager und Römer einen lebhaften Bergbau erweckt hatten. Später dem Verfalle preisgegeben, sind diese Erzvorkommen erst in neuerer Zeit wieder zu einer ihrem Reichtum und ihrer Mannigfaltigkeit entsprechenden Würdigung ge-

*) Zeitschr. für prakt. Geol., 16. Jahrg. (1906), Heft 5.

langt. Der Bergbau der Provinz Almeria nimmt heute in bezug auf Silber-, Blei- und Eisengewinnung eine hervorragende Stellung ein. Die Sierra de Bedar und Coscojares hat Bleiglanz-, Kupfererz- und Eisenerzlagerstätten, die Sierra de Almagrera silberreiche Bleiglanzgänge und Spatvorkommen, und bei Herrerias werden Silber- und Eisenerze ausgebeutet.

Als Beweis für die von ihm angenommene Entstehung dieser Lager führt Fircks das häufige Vorkommen eruptiver Gesteine in unmittelbarer Nähe der Erzmittelpunkte an, eine Tatsache, die nicht nur in der Sierra de Bedar, sondern auch in allen übrigen Grubendistrikten der Provinz Almeria Bestätigung finde. Das Auftreten von Kohlensäureexhalationen in einzelnen Grubenbauen von Mazarrón sowie auch das Zutagetreten von Schwefelquellen in Alfaro und Lucainena, wo diese unmittelbar bei den in Eisenerz umgewandelten Kalkschichten entspringen, bedeutet nichts anderes, als daß diese Thermalwässer das letzte Ausklingen der vulkanischen Tätigkeit sind; es liefert einen weiteren Beweis für den engen Zusammenhang zwischen dieser und der Erzbildung.

Die unter hohem Drucke stehenden Thermalquellen nahmen ihren Weg durch die Kontraktionsspalten (durch Zusammenziehung entstandener Spalten) der erkalteten Eruptivgesteine und suchten einen Ausweg durch die undurchlässigen Schiefer entweder auf Klüften oder zwischen den einzelnen Schichten, bis sie auf leichter angreifbare Gesteine trafen, die entweder metamorphosiert wurden oder einem Ablagern der mitgeführten Mineralien geringen Widerstand entgegensetzten.

In der Hauptsache sind die mineralführenden Lösungen kohlensäure- oder schwefelsäurehaltig gewesen. In bezug auf das Pinaer Erzvorkommen vermittelte die Kohlensäure die Bildung der Karbonate des Kupfers und Eisens; die letzteren wurden später in die Oxyde des Eisens übergeführt.

Die Schwefelquellen dagegen veranlaßten die Entstehung des Bleiglanzlagers der Sierra de Bedar, der in die Kupferkarbonate übergeführten Kupferkiese und der Barytgänge. Auffallend ist hiebei im Gegensatze zu den Eisenerzen, die den Kalk vollkommen verdrängt haben, die deutliche Trennung zwischen Bleiglanz und dem ihn umschließenden Kalke. Das Erz hat sich nur dort angesiedelt, wo die Lösungen auf schon vorhandene Hohlräume stießen.

Jedenfalls sind die Erzlager in einer späteren Epoche entstanden als derjenigen, in der die Eruptivgesteine, zu denen sie in Beziehung stehen, zu Tage traten. Spalten und Risse konnten sich erst bilden und den Erzquellen einen Durchlaß gewähren, nachdem ein Erkalten der eruptiven Massen eingetreten war, also vielleicht in der Altquartärzeit.

Westlich von den Bleigruben des Pinar de Bedar liegen die Eisensteingruben von Serena. Die gologischen Verhältnisse sind an beiden Örtlichkeiten fast die gleichen. Glimmerschiefer und Gneise, die Granat und Turmalin führen, bilden das Gebirge; ihnen sind kristalline Kalke eingelagert. In den Gruben von Serena ist dieser Kalkstein, der vermutlich mit dem Pinaer Kalklager zusammenhängt, nur in einer Hauptbank von 20 bis 30 Meter Mächtigkeit bekannt, abgesehen von einzelnen kleineren Kalklinsen.

Die in den Schiefern gelagerten Kalke bilden die Erzträger des Eisenlagers. Am meisten vererzt erscheinen die Berührungsflächen (Kontakte) des Schiefers mit dem Kalklager; jedoch sind nicht die gesamten Kontaktflächen mineralisiert, in den heute im Abbau befindlichen Gruben ist etwa ein Drittel der Kontaktflächen abbauwürdig. In den Tiefbauen beträgt die durchschnittliche Mächtigkeit der bauwürdigen Erze 3—5 Meter, und zwar sind es verschiedene Arten des Brauneisenerzes. Ein sehr reicher kieselsäurearmer Eisenmulm bevorzugt die Kontakte, während ein kieselsäurereiches Groberz an einzelnen Stellen die Kalkschicht selbst erfüllt; in diesem Falle, also wo der Kalkstein nur unvollständig verdrängt ist, gibt es keine scharfe Grenze zwischen dem abbauwürdigen Erze und dem Kalke, während der reiche Eisenmulm (58⁰ Eisen und nur 3—5⁰ Kieselsäure) in deutlicher Abgrenzung gegenüber dem tauben Gestein erscheint.

Das Eisenerzlager von Serena ist nach Fircks als eine metasomatische*) Lagerstätte aufzufassen, wobei die Minerallösungen die Berührungsflächen als Zirkulationswege gesucht haben. Die große Mächtigkeit der Lager und der Reichtum an Eisengehalt in den Erzen verdanken ihren Ursprung einerseits der leichten Löslichkeit der Kalke durch die das Eisen in Lösung führenden Quellen, anderseits aber dem Umstand, daß im Kalke schon Hohlräume vorhanden waren, die nur ausgefüllt zu werden brauchten.

Ursprünglich kam das Eisen in der Form des Karbonats zur Ablagerung und erfuhr erst durch Oxydation die völlige Umwandlung in das heutige Brauneisenerz. Das Aufsteigen der Eisenlösungen, welche an den Küsten des Mittelländischen Meeres (Ostküste Spaniens und Nordküste Afrikas) und an der Westküste Frankreichs einen Kranz uniformer Eisenerzlagerstätten entstehen ließen, geschah zu einer Zeit, die der Bildungsepoche der anderen Erzlagerstätten dieses Gebietes sehr nahe liegt, jedoch um etwas älter zu sein scheint.

Über Eisenerze, die durch die Tätigkeit von Organismen veranlaßt werden, berichtet Prof. Dr. H. Potonié.**) Den Stoff dazu entnehmen die Organismen natürlich den Eisenverbindungen, die neben Kalzium- und Siliziumverbindungen in den natürlichen kohlendioxydhaltigen Süßwässern gelöst sind. Wie die letzteren Verbindungen durch die Tätigkeit der Pflanzen und Tiere wieder zum Niederschlag gebracht werden können und dann das Material zu den Kalk- und Kieselerdelagern geben, so auch die Eisenverbindungen, die dann nicht selten den Stoff zu Eisenerzlagern liefern.

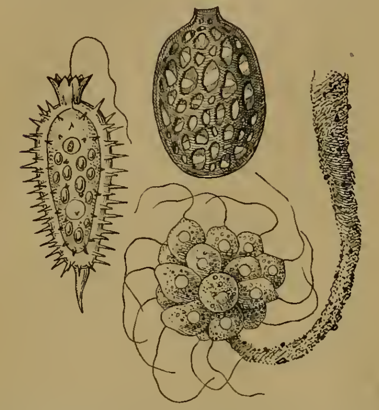
Wie häufig Ferrobikarbonat in den natürlichen Wässern vorhanden ist, ergibt sich schon aus der Tatsache, daß zur Enteisenung vieler Wässer, die

*) So viel wie metamorphische, d. h. durch besondere Umwandlungsprozesse nachträglich wesentlich veränderte Lagerstätte.

**) Naturw. Wochenschr., Bd. 5 (1906), Nr. 11.

nutzbar gemacht werden sollen, besondere und kostspielige Einrichtungen nötig werden. Die dicken, verstopfenden Eisenrostkrusten, die hie und da in Wasserleitungsröhren entstehen, und der lästige, zum größeren Teile aus Kalziumkarbonat, aber auch aus Eisenkarbonat bestehende Kesselstein sprechen ebenfalls für den Eisengehalt der natürlichen Wässer.

Das in der Natur so häufige, in vielen festen Verbindungen (Ferriverbindungen) vorhandene Eisenoxyd wird besonders durch die in Zersetzung begriffenen organischen Substanzen zu Eisenoxydul reduziert. Das gleichzeitig entstehende Kohlendioxyd macht Ferrokarbonat daraus, und dieses wird von dem kohlendioxydhaltigen Wasser zu Ferrobikarbonat gelöst. Wenn trotz des überall reichlich in der Natur vorkommenden Eisens dort, wo auch Kalk



Eisenoxydierende Flaggellaten. Links eine Trachelomonas, rechts oben die durch Eisenoxyd tiefbraun gefärbte Schale einer Chlamydoblepharis, rechts unten eine Kolonie der Anthophysa vegetans, die ihren gemeinsamen Stiel durch Einlagerung von Eisenrost haltbarer macht. Sehr stark vergr. (Nach der Natur gezeichnet.)

vorhanden ist, letzterer als Wiederablagerung in größerer Menge auftritt als Eisenverbindungen, so hat dies seinen Grund in der Tatsache, daß in der Regel zunächst hauptsächlich Kalziumbikarbonat in Lösung übergeht und erst nach seiner Auflösung das Ferrokarbonat durch Auflösung als Ferrobikarbonat in Bewegung kommt. So wird es begreiflich, daß es Flachmoore gibt mit viel Eisenmineral und wenig anderen, insbesondere Kalkmineralien (Eisenmoore) und umgekehrt solche mit großem Kalk- und dann geringem Eisengehalte (Kalkmoore im engeren, eigentlichen Sinne).

Unter den Organismen, die Eisenverbindungen zu ihrem Aufbau benützen, sind Pilze (Bakterien), Algen und gewisse niedere Tiere (Flagellaten) hervorzuheben; aber auch höhere Pflanzen, und zwar naturgemäß wie beim Kalke wiederum Wasserpflanzen, verstehen es, Eisenverbindungen niederzuschlagen.

Die Eisenbakterien gehören zu den fadenförmigen Gattungen Chlamydothrix (Leptothrix), Cladothrix, Crenothrix und Clonothrix. Sie treten massenhaft in den oft mächtigen rostfarbenen Schleimmassen geeigneter Gewässer auf. Es ist nachgewiesen, daß nur dann eine Eisenausscheidung vor sich geht, wenn lebende Bakterien da sind, mit deren Lebensvorgängen also die Ausscheidung zusammenhängt. Ohne Zufuhr von Eisenoxydul wachsen die Fäden z. B. von Leptothrix nicht. Nicht immer sind in den Ausscheidungen die Bakterien nachweisbar: In Dresden waren Wasserleitungsröhren von 10 Zentimeter lichter Weite durch Rostbildung außerordentlich, stellenweise vollständig verstopft. Es zeigte sich, daß Gallionella die Ablagerung veranlaßt hatte. Trotzdem konnte man in den festgewordenen Partien des Ferrihydroxyds selbst keine Spuren von Gallionella wahrnehmen, da in dem Roste molekulare Umlagerungen vor sich gehen, die zu einer Kristallisation führen und dadurch die Bakterien zum Verschwinden bringen. Deshalb finden sich auch in solchen natürlichen Eisenerzen, deren Entstehung durch Vermittlung von Bakterien anzunehmen am nächsten liegt, doch nur selten Reste dieser Organismen. Ebenso ist es beim Kalke und seinen Ablagerungen.

Die Tätigkeit der Eisenbakterien ist bewunderswürdig. In dem eben erwähnten Falle hatte der geringe Eisengehalt des Dresdener Leitungswassers (0·20—0·30 Milligramm Eisen im Liter) hingereicht, die Röhren in 30 Jahren mit einer 3 Zentimeter dicken Rostschicht auszutapezieren. Aber diese Rostablagerung wäre ohne die Gallionella (= Chlamydothrix ferruginea Migula und vielleicht auch = Leptothrix ochracea) nicht möglich gewesen. Das Eisen war nur dem Wasser, keineswegs auch den Röhren entnommen; denn diese waren, selbst wo sie die dicksten Rostkrusten hatten, noch ganz unversehrt.

Bei den Algen findet die Einlagerung bei gewissen Arten auch in den Zellhäuten statt, und selbst im Zellinhalt kann Eisen aufgespeichert werden. Die Fäden von Cladophora aegagropila, die in Alpenseen in seeballähnlichen Hohlformen von Faustgröße auftritt, erscheinen nahezu alle mit einem Überzug von Ferrihydroxyd mit etwas Beimengung von Ferrohydroxyd versehen, und auch die Zellhaut erscheint bei vielen Fäden auf kurze Strecken von diesen Eisenverbindungen durch und durch imprägniert. Auch unter den Desmidiazeen und Diatomeen gibt es solche, die in ihrer Zellhaut oder im Panzer Eisen aufspeichern.

Unter den Tieren sind eine Anzahl Protozoen (Urtiere) und Flagellaten (Geißelinfusorien) als Ferrihydroxyd aufspeichernde Organismen bekannt, unter den Moosen das Quellmoos (Fontinalis). Von noch höheren Pflanzen ist die Wassernuß (Trapa natans) hervorzuheben, deren etwa 1 Millimeter dicke Fruchtschale vielleicht das eisenreichste Gewebe darstellt, das es überhaupt gibt. Die Asche desselben enthält etwa 68% Eisenoxyd, und der Prozentgehalt in der Asche der Vegetationsorgane dieser Pflanze erreicht die abnorme Höhe von 23 bis 29%.

Ferrokarbonat in Lösung haltende, sehr kohlendioxydreiche Quellen veranlassen, wenn sie an die Luft kommend Gelegenheit haben, viel Kohlendioxyd abzugeben, beträchtlichere Lager von Eisenverbindungen (Quellerz). Aber in großen Mengen kom-

men solche Niederschläge besonders leicht durch die angedeutete Vermittlung von Organismen zu stande, und die in den Flachmooren vorhandenen Eisenerze von der Zusammensetzung des Brauneisenerzes ($2\ Fe_2O_3,\ 3\ H_2O$) verdanken vielfach organischer Tätigkeit ihren Ursprung. Die wichtigeren unter diesen Eisenerzen sind folgende:

1. Wiesenerze, Limonite. Sie treten in Knollen, in Klumpen, in Lagen auf, dicht und fest oder porös, schwammig und durchlöchert; sie sind rostfarben bis pechglänzend und führen je nach ihrer Form (Klump) oder Beschaffenheit verschiedene Bezeichnungen (Modereisen, Morast- oder Schlammerz, Raseneisenstein, Sumpferz usw.).

2. See-Eisenerze. Sie treten am Boden offener Gewässer nur in bestimmten Tiefenzonen auf, die den Eisenverbindungen niederschlagenden Organismen die besten Lebensbedingungen bieten. Meist sind es kugelige Konkretionen, für welche die Tätigkeit der Organismen oft wohl nur ein Attraktionszentrum geschaffen hat, dem sich die weiteren oft konzentrisch geschichteten Lagen chemisch angegliedert haben. See-Erze werden namentlich in Schweden zur Verhüttung gebaggert; innerhalb 15 bis 30 Jahren hat eine hinreichende Neubildung stattgefunden, um das Baggerverfahren an derselben Stelle wieder lohnend zu machen. Es handelt sich nach Potoniés Untersuchungen stets um (wenn auch nur schwach) fließendes Wasser, so daß ein Ersatz, eine stete Zuführung von eisenhaltigem Wasser stattfand.

Aus früheren geologischen Perioden sind fossile See-Eisenerze mehrfach bekannt und werden abgebaut. Ein Beispiel sind die unter dem Namen Minette bekannten jurassischen Eisenoolithablagerungen, die in Deutsch- und Französisch-Lothringen sowie in Luxemburg abgebaut werden, ein fossiles, grobkörniges Pulvererz. Sollte nicht der Eisenmulm auf den Kalklagern von Serena ähnlichen Ursprungs sein?

Thermen und Tiefenwasser.

Bekanntlich beruhigte man sich bis vor kurzem hinsichtlich der Herkunft der Wässer, die mineralische Stoffe irgend welcher Art in gelöstem Zustand zur Erdoberfläche bringen, mit der Annahme, daß dieses Wasser der Erdoberfläche entstamme, in die Tiefe der Erde dringe und sich da erhitze, um an anderen Stellen als Thermen wieder hervorzusprudeln. Dieser Ansicht ist zuerst Prof. Eduard Sueß entgegengetreten. Er brachte die Thermen in Zusammenhang mit dem Vulkanismus. Dieser könnte in zweifacher Weise thermenbildend wirken: entweder dadurch, daß Grundwasser in den Bereich noch nicht erkalteter vulkanischer Gesteinsmassen tritt, oder aber indem das glühende Magma in der Tiefe die Gase aushaucht, die sich zu dem Wasser der heißen Quellen verdichten.

Die chemische Beschaffenheit der Thermen weicht von der des Grundwassers oft völlig ab. Deshalb verwarf Sueß die erste Annahme und zog die zweite Möglichkeit zur Erklärung des Thermenphänomens heran. Diese Auffassung findet auch darin ihre Stütze, daß bei allen Vulkanausbrüchen Wasser frei wird und die Regenschauer herbeiruft, die eine Eruption begleiten. Auf solches in den Feuerherden des Erdinnern sich bildendes jugendliches, juveniles Wasser (im Gegensatze zu dem von der Oberfläche her eindringenden vadosen) führt Sueß die Thermen im allgemeinen zurück. Sie sind charakterisiert erstens durch die Unabhängigkeit ihrer Mengen von den Perioden der Niederschläge und zweitens durch die Beständigkeit ihrer Temperatur.

Dr. W. v. Knebel ist auf seinen Reisen in Island *) durch das Studium der dortigen Thermen, Geysir und Solfataren, zu Anschauungen gelangt, durch welche die Theorie von Sueß beträchtlich modifiziert wird und auf die wir hier deshalb näher eingehen müssen. **)

Die Betrachtung des bekannten „Großen Geysir", der nur noch höchst unregelmäßig, oft in Zwischenräumen von mehreren Tagen seine Fontäne siedenden Wassers emporschleudert, brachte v. Knebel zu der Überzeugung, daß es sich bei diesem Geysirgebiete, ebenso bei den am Therinensee gelegenen heißen Quellen und bei den Thermen der Farm Gröf nicht um juveniles Wasser allein handle. Diese Thermen liegen sämtlich ziemlich fern von jungvulkanischen Bildungen, in Gegenden, die reich an Oberflächen- und Grundwasser sind, so daß die Umgebung entweder versumpft oder quellenreich erscheint, und entspringen im Grundwasser, wo also auch ohnedies Quellen auftreten würden.

Wenn nun auch diese Thermen nicht in unmittelbarer Nähe junger vulkanischer Eruptionszentren liegen, so ist immerhin doch noch das ganze Gebiet als ein jungvulkanisches anzusehen. Nun befinden sich aber auch in Gebieten, die weitab von allen jüngeren Bezirken gelegen sind, unfern des Skagafjords bei Reykir im Nordland, ferner nordöstlich vom Borgarfjord, große Thermenbezirke. Diese Gegenden sind seit tertiärer Zeit überhaupt völlig frei von vulkanischen Erscheinungen geblieben: eine Verbindung zwischen den Thermen und vulkanischen Ausbrüchen besteht also auch hier nicht. Dennoch steht es für v. Knebel außer Zweifel, daß die Thermen ein Erzeugnis des Vulkanismus überhaupt seien; nur treten sie im Gefolge einer sehr alten vulkanischen Tätigkeit auf.

Die bisher genannten heißen Quellen liegen allesamt noch im Niveau des Grundwassers, dessen Zutritt für das Studium der Thermen höchst lästig ist. Glücklicherweise konnte unser Forscher auch in solchen Gegenden Beobachtungen darstellen, in denen nur wenig Grundwasser auftritt, am Kap Reykjanes, dem selten besuchten äußersten Ende der südwestlichen Halbinsel. Dort befindet sich ein großes Solfatarenfeld, in dessen Umgebung zahlreiche junge (postdiluviale) Deckenlavaergüsse vorhanden sind, unter denen inselartig die Unterlage, ein altes vulkanisches Tuffgestein, zu Tage tritt. Letzteres führt nur sehr wenig Grundwasser, da die geringen Niederschlagsmengen an der Oberfläche des Tuffs

*) Globus, Bd. 88 (1905), Nr. 20, 22, 24.
**) Naturw. Rundsch., 21. Jahrg. (1906), Nr 12.

unter der ihn größtenteils verhüllenden klüftigen Lava dem nahen Meere zufließen.

Diese geologisch älteren vulkanischen Tuffe werden von heißen Dämpfen durchbrochen, die das Gebiet in eines der schauervollsten Solfatarenfelder verwandelt haben. Aus der Tiefe steigen schweflige Dämpfe auf, als deren Produkt sich gelber Schwefel niederschlägt und Gips, zweifellos juveniler Entstehung. Die vielen Hunderte von Dampfsäulen, die zahlreichen Öffnungen des Bodens entströmen, bestehen größtenteils aus Wasser.

Das Wasser dieser Solfataren ist zweifellos als juveniles (in der Tiefe gebildetes) zu betrachten. Es bildet einige Pfuhle, in denen das zu einem graugelben Schlamme zerkochte, mit Schwefel vermengte Gestein, widerliche Dämpfe ausstoßend, brodelt; aber es reicht nicht aus, einen einzigen, auch noch so kleinen Wasserlauf zu bilden, sondern verdunstet völlig innerhalb des Solfatarengebietes. Dieselben Verhältnisse fand W. v. Knebel in noch drei weiteren der bedeutendsten Solfatarengebiete Islands, bei den Solfataren von Krisuvik, Reykjahlid und Theistareykir.

Ein Vergleich dieser Solfatarengebiete mit den zuerst geschilderten Thermalquellen, die so wasserreich sind, führt zu dem Schlusse, daß bei jenen Grundwasser zum mindesten beteiligt ist.

Denken wir uns den Fall, daß das Grundwasser in den Bereich des heißen Solfatarenareals von Reykjanes eindringen würde, so müßte der schon in Tiefe von wenigen Metern unter der Oberfläche mehrere hundert Grad heiße Boden das gesamte Grundwasser in Thermalwasser verwandeln. An Stelle des heutigen Solfatarenfeldes wäre dann ein Thermengebiet vorhanden, gleich jenem, wie es am Geysir ist. Dahin ist es, wie v. Knebel an sicheren Merkmalen entdeckte, im Laufe der Solfatarentätigkeit von Reykjanes tatsächlich schon einmal gekommen.

v. Knebel schließt aus seinen Beobachtungen also folgendes:

Studien in den verschiedensten Thermengebieten Islands haben gelehrt, daß die juvenil gebildete Wassermenge, welche in vulkanischen Gebieten infolge der langsamen Entgasung glutflüssigen Magmas dem Erdinnern entströmt, doch nur eine sehr geringe ist. Durch Erdbeben kann die juvenile Zufuhr vorübergehend vergrößert werden, ohne daß aber dadurch eine wesentliche Änderung entstünde. Aber nur dann, wenn in den Bereich der überhitzten Dämpfe und des heißen Erdbodens, den diese durchströmen, Grundwasser einzutreten im stande ist, nur dann scheinen sich jene großen Thermengebiete bilden zu können.

Durch genau die gleichen vulkanischen Vorgänge entstehen in einem grundwasserfreien Gebiete Solfataren, in einem grundwasserreichen aber Thermen. Letztere können wir also als im Grundwasser ertrunkene Solfataren, die Solfataren aber als trockene Thermen auffassen.



Das Solfatarenfeld von Reykjanes.

Das Wasser der Thermen Islands besteht demnach größtenteils aus Grundwasser, enthält aber stets juvenile Beimischungen.

Zum Schlusse erörtert Prof. v. Knebel die Frage, ob das juvenile Wasser beim Aufsteigen im stande sei, sich gegen den oberen fließenden Teil des Grundwassers abzudichten, der es leicht verunreinigen könnte. Die Gefahr einer solchen Verunreinigung der Thermen wird durch einen anderen Umstand verringert. Die Thermalwasser enthalten nämlich fast stets Stoffe gelöst, welche einen Quellsinter abzusetzen vermögen, meistens Kieselsäure. Dieser Quellsinter kleidet die Wandungen der aufwärts gerichteten Quellströmungen in der Art aus, daß diese auf natürliche Weise gegen das Grundwasser abgedichtet sind. Diese Abdichtung erfolgt aber nur in den oberen Teilen der Quellströmungen; die untere, in Stagnation befindliche Schicht des

Grundwassers wird immer Zutritt zu den juvenilen Wässern behalten, ohne daß letztere die Schwankungen des oberen Grundwasserstromes mitmachen.

Einer der wichtigsten Bestandteile vieler Thermalwässer ist die Kohlensäure. Über ihre Herkunft gehen die Ansichten der Geologen sehr auseinander, indem einige sie für vados, aus der Atmosphäre oder nahe der Erdoberfläche stattfindenden Zersetzungsvorgängen stammend halten, andere dieser Entstehungsweise dagegen nur geringe Bedeutung zuschreiben und die Hauptmasse der thermalen Kohlensäure für juvenil, einer Entgasung der magmatischen Massen in der Erdtiefe entstammend erklären.

Nach einer Untersuchung von Dr. Rudolf Delkeskamp*) über vadose und juvenile Kohlensäure hat erstere nur geringe Bedeutung. Sie hat anscheinend drei Bildungsquellen; entweder entstammt sie dem Kohlensäuregehalt der Luft, oder sie ist organischen Ursprungs und entströmt Braunkohlen-, Torf- und Moorlagern, oder sie bildet sich aus Kalkstein, aus dem sie durch verschiedene chemische Vorgänge freigemacht werden kann. Diesen Entstehungsursachen mag die Kohlensäure der Oberflächenwässer und der gewöhnlichen Quellen ihren Ursprung verdanken. Die meisten Kohlensäureexhalationen sind aber nicht vados, sondern juvenil und stellen die letzte Phase vulkanischer Tätigkeit dar. Sie bildeten vordem einen ursprünglichen Bestandteil des Magmas und wurden bei dem langsamen Erstarren desselben ausgeschieden. Daher sind die Zentren starker Kohlensäurexhalationen altvulkanische Gebiete.

An mehreren Beispielen zeigt Dr. Delkeskamp, daß in Fumarolen der Kohlensäuregehalt verhältnismäßig groß ist, und zwar um so größer, je weniger heiß die Fumarole ist. Von den Gasausströmungen dreier Fumarolen am Mont Pelé besaß eine bei 400° C 15·38% CO_2, die zweite und dritte, die bedeutend kälter waren, 52·8% und 69·5% Kohlensäure. Ganz ähnlich verhielt es sich bei einigen Fumarolen der Fossa von Vulcano, deren eine mit einer 360° übersteigenden Temperatur 23·40% CO_2 enthielt, während eine andere von 150° C fast 60% besaß.

Um diese Gasausströmungen, die nicht nur aus Kohlensäure bestehen, begreifen zu können, müssen wir vom Ursprungsherd derselben, vom Magma, ausgehen.

Das geschmolzene Silikatmagma der Erde besitzt wie jeder Schmelzfluß und jede Flüssigkeit ein gewisses Lösungsvermögen für Gase, das vom Drucke abhängig ist und mit wachsendem Drucke größer wird.

Auf der Silikatschmelze des Magmas lasteten in jenen Zeiten, da es noch keine Meere, Kohlen und Lebewesen gab, ungeheure Druckkräfte, die sich aus dem nach Hunderten von Atmosphären zählenden Drucke des Wasserdampfes und Kohlensäuregases zusammensetzten.

Unter diesen Umständen absorbierte das Magma natürlich bedeutende Mengen von Gasen; das zeigen uns die zahlreichen Einschlüsse an Wasser und Kohlensäure in den Quarzen der Granite, der Wassergehalt der unter hohem Drucke in der Tiefe erstarrten vulkanischen Gläser (Pechsteine) und die großen Gasmassen, die von den erstarrenden Laven aufsteigen.

An der Erdoberfläche verdichtete sich der Schmelzfluß durch Abkühlung nach dem kalten Weltraume immer mehr, bis eine stets fester werdende Decke die unter hohem Drucke eingeschlossenen Gase umgab. Letztere enthalten notwendigerweise noch alle die Stoffe, die ursprünglich im kosmischen Nebel vorhanden waren.

Beim Erstarren des Magmas unter hohem Drucke wird nicht aller Schmelzfluß fest, sondern es bleibt eine wässerige Mutterlauge zurück. Gelingt es dieser, auf Spalten nach Orten mit geringerem Atmosphärendrucke zu gelangen, so entweicht das Wasser als Dampf mitsamt den verschiedenen Gasen und bildet so die der Erdoberfläche entströmende Fumarole. Die Fumarolen, Geysir und alkalischen Sprudelquellen stellen uns also einen Teil jener Mutterlaugen dar, die bei dem Auskristallisieren des Magmas notwendig frei werden.

Nur ein Teil der Mutterlauge gelangt an die Erdoberfläche, da ein anderer, vielleicht die Hauptmenge, mannigfaltige chemische Umänderungen innerhalb der Erde hervorbringt, die Gesteine metamorphosiert und so gebunden wird.

Mit dem Wasser zugleich entweichen viele andere Stoffe. Aber nur die leicht löslichen gelangen an die Erdoberfläche, die schwer löslichen und somit leichter ausfällbaren, besonders die Metalle, werden in der Tiefe festgehalten. Sie bilden Absätze auf Spalten und Klüften der Gesteine und liefern so die Erz- und Mineralgänge.

Der beträchtliche Wassergehalt gewisser Laven und Eruptivgesteine entstammt auch nach Delkeskamp nicht einer Infiltration vadosen Wassers nach der Tiefe, sondern dem Schmelzflusse der Tiefe, aus dem es bei der Erstarrung als Dampf entweicht. Ebenso ist die Kohlensäure juvenil; sie entströmt dem schmelzflüssigen Magma, um als Gas an die Erdoberfläche zu gelangen, wenn sie nicht auf ihrem Wege Wasser trifft, sich löst und als Mineralquelle austritt. Die Kohlensäure verdrängt bei gewöhnlicher Temperatur die Kieselsäure der Gesteine. Hierauf beruht die Mörtelbereitung und die Verwitterung der Gesteine unter dem Einflusse der kohlensäurehaltigen Tageswässer.

Die Vorkommen bedeutender Kohlensäureexhalationen sind an die Stätten ehemaliger vulkanischer Tätigkeit gebunden, z. B. in der Eifel, der Rhön, dem Vogelsberg, der Auvergne, Sizilien, Neuseeland und dem Yellowstone-Park. Es gibt in der Auvergne und der Eifel Gegenden, wo ein kleines Loch im Boden genügt, Kohlensäureaushauchungen zu veranlassen. Jedes tierische Leben im Boden ist unmöglich, in allen Furchen und Gräben, auf den Feldern und Äckern sammelt sich die spezifisch schwerere Kohlensäure an. An anderen Stellen entströmen mächtige Kohlensäurequellen dem Boden und haben meist schon längst in weitestgehendem Maße technische Verwendung gefunden.

*) Zeitschr. für prakt. Geologie, 14. Jahrg. (1906), Heft 2.

Der große Kohlensäuregehalt der Laven spiegelt sich in den Einschlüssen der Quarze der vulkanischen Gesteine wider. Diese flüssigen Einschlüsse sind stets mikroskopisch klein. Im Quarz von Graniten und ähnlichen Gesteinen sind sie ungemein häufig und öfters innerhalb eines Kubikmeters zu mehreren Hunderttausenden festgestellt, so daß ein solcher Quarz bis zu 5% seines Volumens an Einschlüssen birgt. Granit enthält bis zu 30% Quarz und bei letzterem würde — etwa 5% an Kohlensäureeinschlüssen gerechnet — für 1 Kubikkilometer 15.000 Millionen Liter flüssige Kohlensäure oder bei 0° C und einer Atmosphäre Druck bis zu 900.000 Millionen Liter Kohlensäuregas herauskommen.



Neuer Sprudel in Neuenahr, 15 Meter hoch.

Ein Kubikkilometer solchen Granits enthielte genügend Kohlensäure, um für

275.000 Jahre die Kohlensäure der Quellen von Bad Nauheim,

527.538 Jahre die Kohlensäure der Quellen von Pyrmont und

93.493 Jahre die der Quellen von Oynhausen

zu liefern.

Ob und wie diese in den Quarzen der Granite eingeschlossene Kohlensäure freigemacht wird, ist eine noch ungelöste Frage. Ihr Ursprung jedoch ist im großen ganzen derselbe wie bei der „vulkanischen" Kohlensäure.

Offenbar bilden sich fortwährend große Mengen vadoser und enorme Mengen juveniler Kohlensäure. Die Entscheidung darüber, ob man es in einem gegebenen Falle mit ersterer oder letzterer zu tun habe, ist in vielen Fällen recht schwierig zu treffen, zumal bei Thermalbohrungen Fachleute leider häufig nicht zugegen sind.

So konnte denn hinsichtlich der Mineralquellen in und bei Radein (meist Natronsäuerlinge auf der Diluvialterrasse der Mur längs des Radeinbaches) bis vor kurzem folgende Entstehung angenommen werden: Es kommt mit der Kohlensäure warmes, an mineralischen Bestandteilen reiches (juveniles) Wasser aus größerer Tiefe durch Spalten des Grundgebirges in die über ihm liegende Schotterschicht und mischt sich hier mit dem Grundwasserstrom. Diese Mengung gibt das Sauerwasser des Brunnens. Über der Sand- und Schotterhalde liegt eine allgemeine Lehmdecke, nach deren Durchbohrung die Säuerlinge zu Tage sprudeln.

Entspräche diese Entstehungsschilderung den tatsächlichen Verhältnissen, so könnten einmal die einzelnen erbohrten Säuerlinge nicht in ihrer chemischen Zusammensetzung völlig beständig und zweitens doch von ihren näheren oder entfernteren Nachbarn besonders hinsichtlich der darin gelösten Bestandteile so völlig verschieden sein.

Joh. **Rumpf** stellt daher in einer Arbeit über diese Mineralquellen*) jener Vermutung folgende, mit den vorher über juvenile Wässer und Kohlensäure wiedergegebenen Ausführungen übereinstimmende Ansicht auf: Das Grundgebirge, der tiefere Grund unter dem Schotter wird größtenteils durch vulkanische Gesteine zusammengesetzt, in denen sich die Bildung der Säuerlinge vollzieht. Aus diesen drängen sie längs einer oder mehrerer Spalten, begleitet von reichlichen Mengen freier Kohlensäure, unter bedeutendem Drucke durch den Schotter empor, erweichen innerhalb eines beschränkten Umkreises auch die Lehmdecke und machen sich mittels der so erzeugten Versumpfung selbst auf der Erdoberfläche bemerkbar. Der wohl kaum bedeutende Grundwasserstrom spielt dabei keine Rolle.

Daß in anderen Fällen das Grundwasser der Träger der Mineralstoffe ist, beweisen die Untersuchungen von K. **Hofmann** und L. v. **Lóczy** über die **Entstehung der Budaer Bitterwasserquellen**.**)

Diese berühmten Quellen entspringen auf der Südostseite des Ofener Gebirges, dessen Grundskelett, obertriadischer Hauptdolomit und rhätischer Dachsteinkalk, mitteleozäne und unteroligozäne Schichten trägt, die gegen Westen und Süden unter jüngere tertiäre Ablagerungen tauchen. Die durch vier in flachen Becken gelegene Brunnengruppen erschlossenen Bitterwässer sind an die obere Schichtengruppe des unteren Oligozäns, den sogenannten Kleinzeller Ton, gebunden. Die Verfasser halten diese Wässer für freatische Grundwässer, die sich wenig tief unter der Tagesoberfläche in der oberen Verwitterungsschicht des Kleinzeller Tons und in den ihn bedeckenden lockeren Quartärbildungen bewegen und vom unzersetzten Kleinzeller Ton als

*) Tschermaks Mittheilungen, Bd. 25 (1906), S. 131—156.

**) Neues Jahrb. für Mineral. u. s. w., Jahrg. 1906, Bd. 1, Heft 3 (Referat aus Földtain Közlöny, Bd. 34).

undurchlässiger Unterlage gestaut werden. Die mineralischen Bestandteile des Bitterwassers, unter denen Magnesium und Natriumsulfat vorherrschen, sollen hauptsächlich von der Verwitterung und Auslaugung des Tons herstammen, welche Prozesse nicht nur in nächster Umgebung der Quellen, sondern auch an entfernteren Orten im Bereiche des Keinzeller Tons stattfinden können.

Energie und Materie.

(Physik, Chemie und Mineralogie.)

Im Grenzgebiet der Materie. * Magnetismus oder Elektrizität? * Die Entstehung der Spektra.

Im Grenzgebiet der Materie.

Wenn gegenwärtig der Beweis geführt werden soll, daß wir es in Naturerkenntnis und Naturbeherrschung herrlich weit gebracht haben, so werden gewöhnlich die Wissenschaften der Physik und Chemie dafür ins Feld geführt. Daß die auf ihnen beruhende Technik von unvergleichlicher Wichtigkeit und Größe sei, wer möchte das zu bestreiten wagen! Leider verhält es sich mit der „reinen" Wissenschaft etwas anders: sie hat mit ihrer „angewandten" Schwester nicht gleichen Schritt gehalten und macht die verzweifeltsten Sprünge, um nicht allzu weit hinter ihr zurückzubleiben; sie überstürzt sich in Theorien und Hypothesen. Leider ist es um die anschauliche Begründung der Theorien und um die tatsächlichen Unterlagen der Hypothesen nicht selten recht schwach bestellt. Wenn manche von ihnen trotzdem hier aufgeführt werden, so geschieht es einerseits, um die Schwierigkeit des Naturerkennens, soweit es Natur*erklärung* sein will, also über die bloße Feststellung der Tatsachen hinausstrebt, zu beleuchten, anderseits, weil doch in dieser oder jener Theorie oder Hypothese ein Körnchen Wahrheit vorhanden sein könnte.

Im Mittelpunkte des wissenschaftlichen Interesses steht immer noch das *Radiumatom*. Es genügt uns nicht zu wissen, daß es da ist und wie es wirkt, wir möchten, tiefer dringend, erfahren, warum es so wirkt. Selbst große Forscher können sich dem Reize dieses Warum nicht entziehen und träumen Märchen aus der Radiumwelt, Märchen, von denen wir höchstens behaupten dürfen: Ja, so *könnte* es sich zutragen. So hat Lord *Kelvin* kurz nacheinander zwei solche Träume veröffentlicht: die Skizze einer Atomkombination, die die Eigenschaften von Polonium oder Radium hat, und den Plan eines Atoms, welches fähig ist, ein Elektron mit enormer Kraft für Radioaktivität auszustatten.*) Er geht von der Annahme aus, daß die Atome aus verhältnismäßig großen, räumlich geladenen positiven Raumteilen bestehen, in denen die kleinen negativen Elektronen frei beweglich sind. Er versucht, diese Elemente zu Gebilden zusammengesetzt zu denken, die erstens nur innerhalb enger Grenzen ihre Stabilität bewahren, und die zweitens, sobald ihre inneren Schwingungen die Stabilitätsgrenze überschreiten, unter großer Energieentwicklung explodieren und dabei positive und negative Teilchen ausschleudern. Es braucht hier auf die Zusammensetzung dieser Atomkombination nicht näher eingegangen werden: leicht beieinander wohnen die Atome — im Kopfe eines Autors; ob in der Wirklichkeit auch so, ist eine andere Frage. Freilich kann man sich auf diese Weise eine Kombination konstruieren, die wie ein Poloniumatom geneigt ist, positive Partikelchen mit großer Gewalt auszuschleudern, und in analoger Weise läßt sich natürlich auch ein explosives System ersinnen, das in negative Teilchen auseinanderplatzt. Atomkombinationen, die beide Arten explosiver Atome in sich tragen, hätten dann einen ähnlichen Charakter wie das Radiumatom.

Auf einen etwas festeren Boden gelangen wir, wenn wir den Bemühungen nachgehen, die bisher als kleinste Teile der Materie angenommenen Partikelchen, die Atome und Moleküle, nach Maß und Gewicht zu umgrenzen. Ein belgischer Gelehrter, Prof. *Spring* in Lüttich, hat kürzlich auf eine wunderhübsche Weise die obere *Gewichtsgrenze für ein Atom* festgestellt.*) Er bediente sich dazu des Fluoreszeïns, eines roten Farbstoffes ($C_{20}H_{12}O_5$), der stark fluoresziert, d. h. unter dem Einflusse von Lichtstrahlen schön hellgrün leuchtet.

Schon vor einigen Jahren war es dem Lütticher Forscher gelungen, mit Hilfe des elektrischen Stromes Wasser von allen in ihm schwebenden Partikelchen zu befreien und so eine „optische Leere" herzustellen. Schickt man durch einen solchen optisch leeren Raum einen Lichtstrahl, so bleibt der Raum frei von jeder Erhellung, jedem Lichtschein. Tritt ein solcher Schein auf, so ist der Raum noch nicht optisch leer. *Spring* stellte nun eine Lösung von 0·0025 Gramm Fluoreszeïn in 250 Kubikzentimeter Wasser her, also ein Lösung, die in je einem Kubikzentimeter ein Hunderttausendstel Gramm des Stoffes enthielt und im Tageslicht eine schöne Fluoreszenz zeigte. Diese Lösung wird durch Verdünnung bis auf ein Zehnmilliontel Gramm im Kubikzentimeter herabgesetzt, worauf die Fluoreszenz für das bloße Auge im Tageslicht nicht mehr erkennbar war. Bei gleicher Verdünnung verschwindet auch die Farbe anderer Farbstoffe, z. B. des Eosin, Fuchsin, Anilinviolett und Jodgrün. Bei Durchleuchtung mit konzentriertem elektrischen Lichte zeigte sich jedoch wieder intensives Fluoreszieren und dieses blieb bei weiterer Fortsetzung der Verdünnung, bis es zwischen der zehnten und elften Verdünnung wieder unsichtbar

*) Philosophical Magazine, vol. 8 (1904), S. 528, vol. 9 (1905), S. 695.

*) Acad. royale de Belg., Bullet. 1905, No. 4.

wurde. Bei der zehnten war im Kubikzentimeter der Lösung noch 0·000 000 000 000 001 Gramm der Substanz enthalten. Bei dieser Verdünnung war die Fluoreszenz nur bei intensivster seitlicher Belichtung wahrnehmbar. Die elfte gab bei der Vergleichung mit reinem Wasser ein zweifelhaftes Resultat und hätte vielleicht bei Anwendung stärkerer Lichtquellen noch eine Spur von Fluoreszenz erkennen lassen. Doch nahm Prof. Spring zunächst die zehnte Verdünnung als Grenze an. Bei dieser muß ein Würfel von 1 Millimeter Seitenlänge noch mindestens ein Molekül Fluoreszin enthalten. In diesem Kubikmillimeter ist 0·000 000 000 000 000 001 Gramm Fluoreszein vorhanden; so viel wiegt also ein Molekül dieses Stoffes. Dieses ist 408mal so schwer wie ein Atom Wasserstoff, wonach das Gewicht des letzteren leicht zu errechnen ist. Dabei ist nicht zu vergessen, daß diese Werte nur die obere Gewichtsgrenze bilden, die von der Wahrheit noch ziemlich weit entfernt sein mag.

Auf dieser allerdings noch etwas schwankenden Grundlage können wir fortschreiten zur Berechnung der Teilchen, die nach gegenwärtiger Anschauung die Grundbestandteile der Atome bilden. Das Wasserstoffatom soll aus einem positiven und einem negativen Elektron bestehen, welches letztere nur ein Tausendstel der Masse des positiven hat. Das Gewicht eines negativen Elektrons betrüge somit höchstens 0·000 000 000 000 000 000 001 Gramm, oder tausend Millionen mal einer Million Millionen negativer Elektronen sind erst ein Gramm. Auch die Länge eines solchen winzigen Wichtes hat man abgeschätzt, und zwar auf den billionsten Teil eines Millimeters, während der Durchmesser eines kleineren Moleküls etwa ein Millionstel Millimeter beträgt.

Bewunderswürdig und schier unverständlich wie diese Maße sind die in den Atomen aufgehäuften Energiemengen, von denen uns die Geschwindigkeit der von einem Körper ausgesandten Elektronen Kunde gibt. Bestände ein Gramm Wasserstoff ganz aus Elektronen, so würde deren elektrische Energie, wenn man sie in einer Maschine vollständig in mechanische Arbeit verwandeln könnte, ausreichen, um einen der modernen Riesendampfer die Reise von Hamburg nach New York und zurück fünfmal machen zu lassen.

Wir sind also, falls die Gelehrten keinen Rechenfehler gemacht haben, in der Ausnützung der Naturkräfte gegenwärtig noch erbärmliche Stümper.

Nun ist man den Molekeln auch noch auf einem anderen Wege zu Leibe gegangen, mittels einer Methode, behufs deren Verständnis wir uns zunächst mit dem Begriffe eines Kolloids befreunden müssen.

Die Kolloide spielen in neuerer Zeit in der anorganischen Naturwissenschaft eine große Rolle. Überall begegnen wir ihnen. Was sind Kolloide? Wir betrachten diese Lösungen an der Hand einer zusammenfassenden Arbeit von W. Mecklenburg.*)

Bringt man auf den Boden eines hohen Glasgefäßes eine Lösung gewöhnlichen Kochsalzes und schichtet vorsichtig, um jede mechanische Mischung zu vermeiden, reines Wasser darüber, so findet man nach einigen Tagen, daß das Kochsalz aus seiner Lösung in das reine Wasser hineingewandert oder „diffundiert" ist. Dieser Vorgang der „Diffusion" setzt sich so lange fort, bis die Konzentration des Kochsalzes überall im Glaszylinder dieselbe ist. Ähnlich verhalten sich alle Lösungen zum reinen Lösungsmittel: stets wandert die gelöste Substanz aus der Lösung in das reine Lösungsmittel oder aus den Gebieten stärkerer in die schwächerer Konzentration.

Die Schnelligkeit, mit der dies geschieht, die „Diffusionsgeschwindigkeit", ist bei den verschiedenen Stoffen sehr verschieden. Setzt man z. B. die Diffusionsdauer von Salzsäure in reines Wasser = 1, so gebraucht Kochsalz 2·33mal so viel Zeit, Rohzucker und schwefelsaure Magnesia 7mal, Eiweiß 49- und Karamel 98mal so viel Zeit. Als Typus dieser letzteren, langsam diffundierenden Stoffe erscheint der Leim, lat. colla; man nennt sie deshalb Kolloide, während die schneller diffundierenden, zu denen besonders kristallisierende Körper gehören, als Kristalloide bezeichnet werden. Ebenso unterscheidet man kolloidale Lösungen von kristalloiden oder echten Lösungen.

Je nach dem Lösungsmittel, Alkohol, Wasser (griech. Hydor) oder Glyzerin, bezeichnet man die kolloidal gelöste Substanz als ein Alkosol, Hydrosol, Glyzerosol (von solvere, lösen). Fällt man durch ein Fällungsmittel ein Kolloid aus seiner Lösung, so geht es aus dem Zustand des flüssigen Sols je nach den Umständen entweder in den des „festen Sols" über, oder es gerinnt und wird dadurch zu einem „Gel" (von gelare = gefrieren), das durch Absorption stets einen Teil seines Lösungsmittels festhält und deshalb auch als Alkogel, Hydrogel, Glyzerogel, Organogel (wenn das Lösungsmittel eine organische Flüssigkeit war) bezeichnet werden kann.

Eine Eigenschaft der Kolloide ermöglicht die Herstellung mancher, sonst schwer darstellbarer reiner kolloidaler Lösungen; das ist ihr osmotisches Verhalten. Bringt man zwischen einer Lösung, die gleichzeitig Kristalloide und Kolloide enthält, und dem reinen Lösungsmittel eine aus fester, kolloidaler Materie bestehende Scheidewand, eine sogenannte halbdurchlässige (semipermeable) Membran, so diffundiert das Kristalloid durch die Membran in das reine Lösungsmittel, während das Kolloid zurückgehalten wird; es kann die Osmose, Diosmose oder Dialyse durch die kolloidale Scheidewand nicht mitmachen.

Der englische Physiker Graham hat auf Grund dieser Eigentümlichkeit der Kolloide den Dialysator konstruiert, dessen Prinzip leicht zu verstehen ist. Ein kleines Gefäß, dessen Boden aus einer halbdurchlässigen Membran (Hausenblase, Pergamentpapier u. a.) besteht, wird in ein größeres gesetzt. Wird in das kleine Gefäß die zu dialysierende Lösung, in das große das reine Lösungsmittel getan, so diffundiert das Kristalloid in das große Gefäß, bis seine Konzentration beiderseits der Membran ungefähr dieselbe ist; erneuert man in dem äußeren Gefäße von Zeit zu Zeit das reine Lösungsmittel, so wird schließlich beinahe die Ge-

*) Naturwiss. Wochenschr., Bd. 4, Nr. 6.

samtmenge des Kristalloids aus der Lösung herausgezogen, während das in ihr gelöste Kolloid, weil es die Membran nicht zu passieren vermag, in dem inneren Gefäße verbleibt. Man kann auf diese Weise eine praktisch vollständige Trennung des gelösten Kristalloids von dem in demselben Lösungsmittel befindlichen Kolloid bewirken.

Ein Kieselsäurehydrosol, d. h. eine kolloidale Lösung von Kieselsäure in Wasser, stellte Graham nach dieser Methode folgendermaßen her: Eine verdünnte Lösung von Wasserglas (Natriumsilikat) wird mit verdünnter Salzsäure behandelt, worauf Kieselsäure entsteht.*) Diese fällt aber nicht als unlöslicher Niederschlag aus, sondern bleibt wie das bei dem Vorgang entstandene Kochsalz in dem Wasser gelöst, verhält sich also scheinbar wie dieses. Allerdings nur scheinbar. Denn wenn wir die Lösung in einen Dialysator (siehe oben) bringen, so erkennen wir sofort den Unterschied zwischen dem Chlornatrium (Salz), das mit dem Wasser eine echte, und der Kieselsäure, die mit ihm nur eine kolloidale Lösung bildet: das Salz nämlich wandert als Kristalloid durch die Membran hindurch, während die Kieselsäure als Kolloid von ihr zurückgehalten wird. Durch mehrmalige Erneuerung des reinen Wassers im Dialysator können wir das gesamte Kochsalz aus der Lösung entfernen, so daß schließlich das reine Kieselsäurehydrosol zurückbleibt.

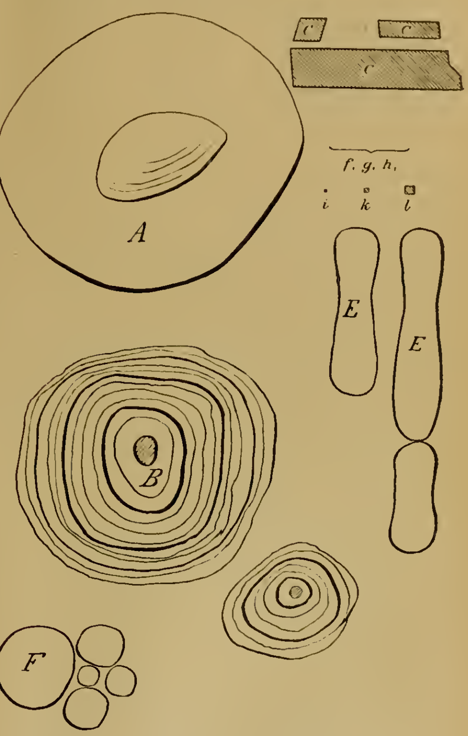
Mit Hilfe der Kolloide und ihrer Lösungen ist es Dr. R. Zsigmondi gelungen, die Dimensionen der kleinsten in einer solchen Lösung schwebenden Körperchen mittels des von ihm und Siedentopf konstruierten Ultramikroskops (siehe Jahrb. II, S. 150) festzustellen.**)

Die vielfach erörterte Frage, ob die kolloidalen Lösungen homogen (in sich völlig gleichartig) seien wie die kristalloiden Lösungen, oder inhomogen, indem sie Suspensionen (Schwebungen) fester Körper in einem flüssigen Medium bildeten, entscheidet Zsigmondi dahin, daß absolut homogene Lösungen überhaupt kaum denkbar seien, wenigstens solange man die Atomtheorie aufrecht erhalte. Allerdings scheinen sehr beträchtliche Größenunterschiede zwischen den in Hydrosolen enthaltenen Teilchen und denen, die sich in echten Suspensionen vorfinden, zu bestehen. Mit Hilfe des Ultramikroskops lassen sich die in einer kolloidalen Goldlösung schwebenden Teilchen für einen bestimmten, passend abgegrenzten Bezirk zählen, worauf aus der in dieser Volumeinheit gefundenen Zahl der Teilchen und der darin enthaltenen Menge des Goldes sich die durchschnittliche Masse der Teilchen ergibt. Angenommen, daß die Goldteilchen Würfelformat haben, so läßt sich mit Hilfe des spezifischen Gewichtes des kolloidalen Goldes ihre lineare Ausdehnung berechnen. Es gelang Zsigmondi, durch Reduktion mit ätherischer Phosphorlösung Goldlösungen herzustellen, deren Teilchen auch mit Hilfe des Ultramikroskops nicht mehr sichtbar gemacht werden konnten, obwohl die rote Farbe der kolloidalen Lösung noch das Vorhandensein des Goldes anzeigte.

*) Wasserglas (SiO_3Na_2) + verdünnte Schwefelsäure (2 HCl) = Kochsalz (2 $NaCl$) + Kieselsäure (SiO_3H_2).

**) Zur Erkenntnis der Kolloide. Jena, 1905.

Die folgende Tabelle gibt die linearen Dimensionen der Goldteilchen und zum Vergleiche die Ausdehnungen einiger anderer sehr winziger Körper und mehrerer Moleküle, deren Größe nach der kinetischen Gastheorie berechnet ist.*)



Zehntausendfache Linearvergrößerung. A Blutkörperchen des Menschen, B Stärkekörner von Reis, C Teilchen einer Kaolinsuspension, E Milzbrandbazillus, F Kugelbakterien, f g h Teilchen einer kolloidalen Goldlösung, i k l Teilchen einer absetzenden Goldsuspension.

Blutkörperchen des Menschen: Durchmesser =	7·5 μ
" " " Dicke . . .	1·6 μ
Bruchstücke von Reisstärkekörnchen . . .	3—8 μ
Milzbrandbazillus, Länge	4—15 μ
" Breite etwa	1 μ
Teilchen einiger kolloidaler Goldlösungen	6—15 μμ
Teilchen absetzender Goldsuspensionen	0·075—0·2 μ
Wasserstoffmolekel, Durchmesser	0·1 μμ
Alkoholmolekel, "	0·5 μμ
Chloroformmolekel, "	0·8 μμ
Molekel der löslichen Stärke	5 μμ

Um uns letztere sichtbar zu machen, müßten wir sie schon durch ein Mikroskop mit millionenfacher Linearvergrößerung betrachten, und auch dann würden sie nur als sehr feine Pünktchen erscheinen. Die Teilchen der kolloidalen Goldlösung würden bei einer solchen Vergrößerung als Quadrate von 5 bis 15 Millimeter Seitenlänge, das Teilchen einer

*) 1 μ = 0·001 Millimeter, 1 μμ = 0·001 μ = 0·000 001 Millimeter (μ = Mikron oder Mikromillimeter).

absetzenden Goldlösung als Quadrat von 5·5 Zentimeter Seitenlänge erscheinen. Das Menschenauge nimmt ohne die künstlichen Hilfsmittel nichts mehr wahr von so winzigen Körpern, das Ameisenauge aber wäre vielleicht im stande, die größten unter ihnen noch zu erblicken.

Es gibt auch farblose kolloidale Goldlösungen, deren einzelne Teilchen an Kleinheit den Kristallmolekülen nahestehen oder sie vielleicht erreichen; solche Lösungen liegen in den farblosen Goldrubingläsern vor. Das mannigfach verschiedene Verhalten der Goldrubingläser kann man am besten erklären unter der Annahme, daß in dem farblosen, zuweilen optisch leeren Rubinglase neben einer kristalloiden Lösung metallischen Goldes noch amikroskopische Teilchen (auch im Ultramikroskop nicht mehr sichtbar zu machende) oder „Amikronen" enthalten sind, die beim Anlaufen des Glases, d. h. beim Rotwerden des Rubinglases unter langsamer Abkühlung oder beim Wiedererwärmen, die Rolle von Kristallisationszentren übernehmen.

In einer neuen Arbeit über diese „amikroskopischen Goldkeime"*) erklärt Dr. Zsigmondi den Vorgang des Anlaufens, bei welchem das ursprünglich farblose Rubinglas rot wird, dadurch, daß das in kristalloider Lösung befindliche metallische Gold aus seiner Lösung an äußerst kleinen, schon vorhandenen Goldteilchen ausgeschieden wird, welche zu größeren, aber immer noch ultramikroskopischen Partikelchen heranwachsen. Diese Erklärung findet eine Bestätigung in dem Verhalten der kolloidalen Goldlösungen. Es läßt sich zeigen, daß die in diesen enthaltenen Goldteilchen tatsächlich nach Art der kleinsten Kriställchen als Keime wirken, welche Übersättigungen der kristalloiden Metalllösung auslösen und ganz wie die Kristallkeime in übersättigten Kristalloidlösungen zu größeren Gebilden heranwachsen.

Durch mehrfach wiederholtes „Impfen" eines Goldreduktionsgemisches mit etwas fertiger kolloidaler Goldlösung kann man den Vorgang der Solbildung beschleunigen und zu stufenweise immer gröberen Goldzerteilungen gelangen. Die gröbsten sind dicht getrübt und lassen ihr Gold beim Stehen teilweise fallen.

Die fertig gebildete kolloidale Goldlösung verhält sich also wie ein Katalysator, der in dem Goldreduktionsgemische einen von selbst verlaufenden Vorgang, nämlich die Ausscheidung metallischen Goldes, beschleunigt. Zsigmondi benützte eine passend verdünnte Lösung von Goldchlorid, die mit etwas Kaliumkarbonat versetzt worden ist, und setzte ihr gleich nach dem Aufkochen eine ausreichende Menge Formaldehyd zu. Die dann in dieser Lösung eintretende Rotfärbung, die auf der Reduktion des Goldes beruht, wird durch das Impfen mit kolloidaler Goldlösung in der oben angegebenen Weise beschleunigt.

Auch in silberhaltigen Reduktionsgemischen vermögen die Goldteilchen Übersättigung auszulösen und Silber zur Abscheidung an sich zu veranlassen. Diese Tatsachen ermöglichen es, von den feinsten, beinahe optisch homogenen Goldhydrosolen und analogen Zerteilungen anderer Körper ausgehend, zu stufenweise immer gröberen Zerteilungen bis zu gewöhnlichen, absetzenden Suspensionen zu gelangen und somit Material zu liefern, das für die Lösung der Frage, wie die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Materie mit zunehmender Zerteilung sich ändern, von Bedeutung werden könnte.

*) Zeitschr. für physik. Chemie, Bd. 56, Heft 1.

Mit den feinsten Teilchen der Materie haben wir es auch bei den Versuchen zu tun, die Prof. H. Landolt angestellt hat über die Frage, ob bei chemischen Versuchen das Gesamtgewicht der beteiligten Körper ganz unverändert bleibt, oder ob kleine Abweichungen erkennbar sind.*) Solche wären möglich, entweder wenn die Schwerkraft nicht mit gleicher Stärke (Intensität) auf verschiedene Körper wirkte, oder wenn bei der chemischen Verbindung die Gesamtmasse durch die Umsetzung wirklich vermehrt bezw. vermindert worden wäre. Letzteres ließe sich vielleicht dahin erklären, daß in die Zusammensetzung der chemischen Atome neben den Teilchen der Urmaterie auch der vielleicht nicht ganz gewichtslose Äther eingeht, dessen Menge sich bei der Reaktion möglicherweise ändert, und der durch die Wände der Versuchsgefäße hindurch gehen könnte.

Prof. Landolts Versuche erstreckten sich auf Reaktionen, die in wässeriger Lösung vor sich gehen, z. B. Silbersulfat oder Silbernitrat und Ferrosulfat, Goldchlorid und Eisenchlorür, Jodsäure und Jodwasserstoff, Jod und Natriumsulfit, Uranylnitrat und Kaliumhydroxyd usw.

Die Ergebnisse des Verfassers, die er mit seinen eigenen früheren Versuchen und denjenigen Heydwillers (siehe Jahrb. II, S. 154) zusammenstellt, sind folgende: bei 54 Versuchen Landolts zeigten 42 Gewichtsabnahme der in Verbindung getretenen Stoffe, 12 Gewichtszunahme, bei 21 Versuchen Heydwillers 19 Abnahme und 2 Zunahme. Im ganzen haben also von 75 Versuchen, die sich auf 14 verschiedene Reaktionen erstreckten, 61, d. h. 81 Prozent, eine Gewichtsabnahme ergeben. Wenn bei den Reaktionen eine Gewichtsvermehrung eintrat, so war sie immer nur von geringerer Größe (+ 0·002 bis + 0·019 Milligramm) und lag innerhalb der Versuchsfehlergrenze, die auf 0·03 Milligramm angenommen werden muß. Es stellt daher die Gewichtsabnahme die normale Erscheinung dar. Auch in den Fällen, wo die Verminderung nur klein ist und innerhalb der Beobachtungsfehler liegt, kann sie möglicherweise doch wirklich vorhanden sein.

Jedenfalls ist die Fortsetzung derartiger Versuche auf das Lebhafteste zu wünschen und die Bereitstellung weiterer Mittel dazu durchaus nötig. Nicht minder wünschenswert wäre es allerdings, wenn sich die Aufmerksamkeit der Physiker mehr als bisher den Versuchen zuwendete, auf welche J. Zacharias eine neue Erklärung des Magnetismus begründet hat.

Magnetismus oder Elektrizität?

Während das Dunkel, das über den elektrischen Erscheinungen lagerte, sich infolge der angestrengten Bemühungen der Physiker während des letzten

*) Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. 55 (1906), Heft 5.

Jahrzehnts allmählich zu lichten begann, schien das der Elektrizität so nahverwandte Gebiet des Magnetismus allen aufhellenden Anstrengungen trotzen zu wollen. Es war auch hier, wie in der Elektrizitätsforschung, nötig, die Zahl der magnetischen Erscheinungen beträchtlich zu steigern, um auf Grund eines erweiterten Beobachtungsmaterials zu einer haltbaren Theorie des Magnetismus zu gelangen.

Eine solche Erweiterung müssen wir in der Entdeckung neuer stark magnetisierbarer Stoffe erblicken, wie eine solche dem Physiker Dr. F. Heusler von der Isabellenhütte bei Dillenburg geglückt ist. Zunächst scheinen manche Punkte dieser Entdeckung die Rätselhaftigkeit des Magnetismus allerdings eher zu erhöhen als zu mindern. *)

Schon Faraday, der große englische Physiker, hat gezeigt, daß alle Stoffe magnetisierbar sind; aber als stark magnetisierbar oder magnetisch (ferromagnetisch) waren bisher allein Eisen, Kobalt und Nickel bekannt. Auch Chrom und Mangan rechnet man neuerdings zu ihnen. Die Magnetisierbarkeit der übrigen Elemente ist demgegenüber verschwindend gering, man bezeichnet sie als paramagnetisch oder diamagnetisch, d. h. mehr oder weniger magnetisierbar als der „leere" Raum, als der Äther.

Aber nicht nur das jähe Herausfallen der drei ferromagnetischen Elemente aus der Reihe der übrigen ist physikalisch einzigartig, auch das Verhalten dieser drei in Zusammensetzung miteinander, in Legierungen, ist höchst merkwürdig und spottet aller Voraussetzungen. So kann z. B. ferromagnetischer Zusatz zu ferromagnetischem Material die Magnetisierbarkeit sowohl erhöhen wie erniedrigen. 4·7%iges (elektrolytisches) Nickeleisen hat eine größere Magnetisierbarkeit als reines Eisen, während 25%iger Nickelstahl unmagnetisch ist. Eine Legierung der beiden ferromagnetischen Metalle Nickel und Kobalt ist unmagnetisch usf.

Daß durch Vereinigung para- oder diamagnetischer (also in gewöhnlichem Sinne unmagnetischer) Elemente ferromagnetisches Material entsteht, das ist die große Entdeckung Dr. Heuslers.

Dieser bemerkte zufällig, daß eine von ihm hergestellte Mangan-Zinn-Legierung an einem zufällig magnetischen Werkzeug, mit dem sie bearbeitet wurde, haften blieb. Ebenso zeigte sich eine Legierung des Manganzinns mit der gleichen Gewichtsmenge Kupfer magnetisch, wobei die Reihenfolge, in der die Stoffe miteinander legiert wurden, ohne Einfluß auf die Erscheinung war.

Mit 30%igem unmagnetischen Mangankupfer, einem Handelsprodukt der Isabellenhütte, wurden nun behufs weiterer Erforschung dieses Phänomens noch andere Elemente legiert. Dabei ergab sich, daß Mangan-Kupfer-Aluminium-Legierungen besonders auffallend stark ferromagnetisch sind. Die Metalle der Arsengruppe, das diamagnetische Wismut inbegriffen, geben mit Mangankupfer magnetische Legierungen. Auch Manganbor gehört zu dieser Gruppe.

*) Referat von Dr. E. Haupt in Naturw. Rundsch., Jahrg. 21, Nr. 6.

Wie aus einem unmagnetischen Gemische unmagnetischer Metalle eine magnetische Legierung wird, zeigt folgender hübsche Versuch Heuslers: Mischt man in einem Reagensgläschen innig Antimon- und Manganbronzepulver, so läßt es, in dem Röhrchen in die Nähe der Magnetnadel gebracht, diese unbewegt, ist also unmagnetisch. Erwärmt man nun das Gemisch über einer Flamme, bis es zusammenschmilzt, so zieht es die Magnetnadel lebhaft an; es ist also magnetisch geworden.

Die Gesetzmäßigkeiten, die in den Erscheinungen an verschieden hergestellten magnetischen Legierungen herrschen, sind von F. Richarz systematisch untersucht worden, wobei sich hinsichtlich der Mangan-Aluminium-Kupfer-Legierungen folgendes ergab:

Die Legierungen befinden sich nach dem Gießen in einem Zustand labilen Gleichgewichtes. Durch Erwärmen auf etwa 110° wird eine künstliche Alterung und der Übergang in die stabile, dem Höchstgrade der Magnetisierbarkeit entsprechende Modifikation herbeigeführt. Bei sehr starker Erhitzung verschwindet die Magnetisierbarkeit jedes magnetisierbaren Materials. Der Umwandlungspunkt, jenseit dessen der betreffende Stoff unmagnetisch ist, liegt für Eisen bei rund 800°, für Nickel bei rund 400°. Die Umwandlungspunkte für Manganaluminiumbronzen steigen im allgemeinen mit steigendem Mangangehalt oder, falls dieser unverändert bleibt, mit steigendem Aluminiumgehalt. Zu starkes Erhitzen setzt die Magnetisierbarkeit der Legierungen wesentlich und dauernd herab, es verdirbt sie.

Der höchste Grad von Magnetisierbarkeit für einen bestimmten Mangangehalt wird erreicht, wenn der Aluminiumgehalt rund die Hälfte des Mangangehaltes beträgt, mit anderen Worten, wenn die Legierung auf ein Atom Mangan ein Atom Aluminium enthält (da das Atomgewicht des Aluminiums = 27, das des Mangans = 54·8 ist). Die Manganaluminiumbronzen bleiben auch ferromagnetisch, wenn man noch andere an sich unmagnetische Metalle in sie einführt. Neuerdings hat Dr. Heusler noch die wichtige Beobachtung gemacht, daß gewisse kupferreiche Manganaluminiumbronzen von relativ noch hoher Magnetisierbarkeit sich schmieden lassen. In Wasser abgelöscht, sind die Schmiedestücke fast unmagnetisch, beim Altern werden sie aber magnetisierbar.

So hat die Entdeckung der magnetischen Legierungen gewissermaßen eine Brücke geschlagen von der isoliert dastehenden kleinen Gruppe der ferromagnetischen Substanzen Eisen, Kobalt und Nickel zu der großen Gruppe der para- und diamagnetischen Metalle. Ob dadurch für die Lösung des Rätsels des Magnetismus etwas gewonnen ist?

In recht radikaler Weise, d. h. durch Verwerfen des Begriffes „Magnetismus" als Sonderkraft, sucht diese Frage der Ingenieur und Schriftsteller Joh. Zacharias *) zu beantworten, auf dessen schon früher kurz berührte Ansichten hier noch einmal etwas ausführlicher eingegangen werden soll (siehe auch Jahrb. III, S. 132).

*) Die wirklichen Grundlagen der elektrischen Erscheinungen. Berlin 1906. — Das Weltall, 6. Jahrg., Nr. 17 (Ref. von H. Schuchardt).

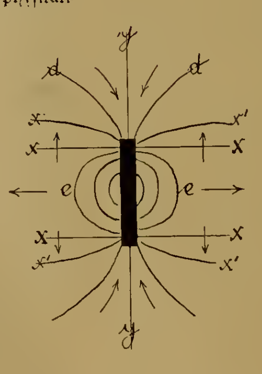
Die so lange Zeit als ein Rätsel betrachtete Anziehung und Abstoßung der Weltkörper faßt Zacharias im Anschlusse an die Theorie Aurel Andersohns als Wirkungen des Massendruckes dieser Körper auf. Durch Vermittlung des allgegenwärtigen Weltäthers, der trotz aller Feinheit seiner Zusammensetzung als Ganzes doch elastischen Widerstand bietet, üben die Massen der Himmelskörper aufeinander wechselseitigen mechanischen Druck aus. So stellen Druck und Gegendruck der kosmischen Massen sich in der durch das Newtonsche Gravitationsgesetz formulierten Weise als die allgemein wirksame Energie dar, die weiter den Quell aller irdischen Energie bildet, also auch der Elektrizität und des Magnetismus. Auch letzteren faßte Zacharias schon bei Beginn seiner Forschungen als Druckerscheinung auf und fand dies bei seinen Versuchen immer wieder aufs neue bestätigt.


Feilspanbild eines Stabmagneten.

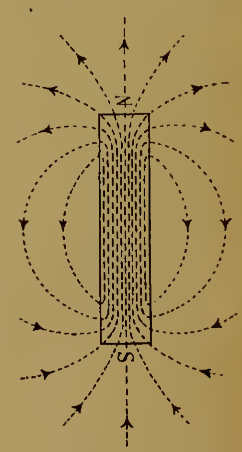
Vor allem gelang es ihm, die bisherigen Vorstellungen von dem Vorhandensein zweier „Pole" und der magnetischen „Influenz" als unhaltbar nachzuweisen, wie denn überhaupt nach Zacharias die sogenannten Grundtatsachen unserer physikalischen Lehrbücher nur willkürlich herausgegriffene Einzelerscheinungen sind. An rotierenden Starkstrommagneten wurde nachgewiesen, daß nicht an den sogenannten Polen die magnetische Kraft einsetzt, sondern daß die „Indifferenzzone", d. h. die Mitte der stromdurchflossenen Drahtspule, den Sitz der „magnetomotorischen" Anziehungskraft bildet. Zacharias zeigt das an einem die Kraftvorgänge darstellenden Diagramm des Magnetisierungsvorganges. Der Elektromagnet arbeitet gleichsam wie eine elektrische Ätherzentrifuge, d. h. wie ein Apparat, der aus dem Zentrum des Systems heraus senkrecht zu seiner Schwingungsachse den Äther abschleudert und dadurch eine zentrifugale Expansion der Ätherbewegung (des sogen. Kraftfeldes) im umgebenden Raume erzeugt. Hieraus ergibt sich natürlich eine entsprechende Depression oder ein Antrieb an den Enden der Drahtspule. Der Eisenkern und sein etwa davorliegender eiserner Anker werden also nicht, wie man bisher glaubte, Magneten, die sich mit ihren „entgegengesetzten Polen" anziehen und mit den „gleichnamigen" abstoßen; sie sind vielmehr nichts weiter als ein Widerstand bezw. ein Reflektor der elektrischen Bewegungen im umgebenden Raume: das „optische" Verhalten der Metalle kommt hier zur Geltung.

Der Begriff des „Magnetismus" als einer Sonderkraft erscheint also völlig überflüssig. Die neuen magnetischen Bronzelegierungen bestätigen das und zeigen, daß der magnetische Vorgang tatsächlich im Raume und nicht im eisernen Kerne liegt.

Zur Erläuterung des dynamischen Diagramms diene folgendes: Bei jedem Magneten, ganz gleich, ob es ein permanenter (Stahlmagnet) oder ein Elektromagnet ist, treten im Feilspanbilde gewisse, stets wiederkehrende Linien auf, deren Richtungen das Diagramm zeigt. Die Linie y—y bezeichnet die Schwingungsebene des Systems; sie ist immer gerade, beim normalen Stabmagneten liegt sie stets in der Mitte, beim Hufeisenmagneten zwischen den Schenkeln. Die von den Enden seitlich ausgehenden geraden Linien x—x stellen die Grenze dar zwischen Expansion (e) und Depression (d), bedeuten also im räumlichen Durchschnitt Trennungsflächen. Mit diesen drei Entdeckungen, dem zentrifugalen Abtrieb (e) oder der Abtrift in der „Indifferenzzone", dem daraus sich ergebenden Antrieb (Antrift, d) an den Enden und dem Fortfallen einer „Magnetisierung" des Eisenkernes oder Ankers, war im großen und ganzen das Rätsel des „Magnetismus" gelöst. Beim Stahlmagneten berechtigen die Feilspanbilder, die denen des Elektromagneten ganz ähnlich sind, zu dem Schlusse, daß auch hier entsprechende Vorgänge stattfinden müssen. Die Kraft liegt auch hier im umgebenden Raume und nicht im Stahle. Dagegen kann man den Stahlmagnetismus als einen „Hauteffekt" bezeichnen. Sobald man die den magnetischen Erscheinungen zu Grunde liegende Kraft, gleich allen anderen „Kräften", als kosmischen Ursprungs, als Ausfluß einer und derselben alleinigen Kraft der kosmischen Massen auffaßt, begreift man sofort, warum die Ätherschwingungen um den „magnetischen" Stahl herum dauernd erhalten werden: diese Kraft ist ebenso lange in unerschöpflicher Fülle vorhanden wie das Universum vorhanden ist.



Dynamisches Diagramm des Magnetisierungsvorganges nach Zacharias.


Magnetische Kraftlinien nach alter Anschauung.

Damit ist auch die Bezeichnung des Stahl-

magnetismus als eines Zustandes hinfällig. Von einem ruhenden Zustand als Gegensatz zur Bewegung kann überhaupt nicht gesprochen werden. Es gibt mithin auch nach Zacharias die sogenannte „potentielle" Energie nicht, sondern nur kinetische, d. h. es kann niemals in einem Körper Kraft aufgespeichert werden, um später aus irgend einem Grunde oder Anlaß wieder frei zu werden.

Durch Konstruktion ganz eigenartiger Kugelmagnete und astatischer, d. h. nicht in der Nordsüdrichtung feststehender Magnete aus einem Stück hat Zacharias gezeigt, daß man die magnetische Kraft am Stahle in sehr verschiedener Weise auf gewisse Stellen beschränken kann, z. B. an einer magnetisierten Stahlkugel auf zwei kranzförmig um eine gemeinsame Achse gestellte „magnetische" Zonen, während nach früherer Anschauung an ein und derselben Stahlkugel keine Möglichkeit einer örtlichen „Aufspeicherung" sogenannter potentieller Energie vorhanden wäre. Ebenso wie die Begriffe der „Polarität" und der „Kraftlinien" sind deshalb auch „Influenz" und „magnetische Verteilung" unhaltbar geworden.

Die Ursache, weshalb aus den schon lange bekannten Feilspanbildern noch nie die richtigen Schlüsse gezogen sind, liegt nach Zacharias in der unglücklichen Vorstellung von „Anziehungs"- und Druckkräften, also der Zweiheit und Gegensätzlichkeit der Erscheinungen, die in Wirklichkeit lediglich durch Druck und den daraus entspringenden Gegendruck sowie durch die Richtung der Bewegung zu stande kommen. Die Berechnung der „magnetischen" Kraft kann somit nach den allgemeinen Gesetzen der Mechanik durchgeführt werden, worauf hier nicht weiter eingegangen werden kann.

Es ist sicher, daß dieser Versuch Zacharias', den Magnetismus aus seiner rätselvollen Sonderstellung zu lösen und in den allgemeinen Kreislauf der Kräfte und unter die allgemein gültigen Naturgesetze zu stellen, geeignet ist, unser Verständnis für die magnetischen Phänomene zu klären und zu erweitern, wenn auch seine Deutung noch nicht in jedem Punkte das Richtige getroffen haben sollte.

Merken wir uns von seinen Thesen (S. 176 seines Werkes) vor allem die drei folgenden:

Die elektrischen Wellen erzeugen bei Reflexion an den Metallen als Folgewirkung sogenannte magnetische Wellen.

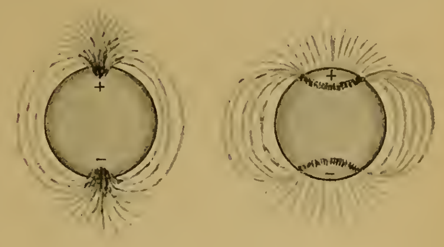
Ein wesentlicher Unterschied zwischen statischer und dynamischer Elektrizität ist nicht vorhanden.

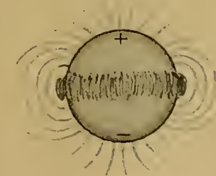
„Magnetische" Kraft ist ein Verschiebungsdruck des elektrisch erregten Äthers, also Elektrizität.

Zacharias hat schon im Jahre 1902 in durchaus maßvoller und bescheidener Weise die Herren Dozenten der Physik und Elektrotechnik aufgefordert, unparteiisch und unbefangen die Ergebnisse seiner Untersuchungen, als welche der Elektrizitätslehre und der Elektrotechnik ungeahnte Fortschritte sichern könnten, zu prüfen. Er hat sich erboten, seine Forschungen als falsch und unhaltbar öffentlich anzuerkennen, falls er widerlegt werde. Leider hat niemand dieser Aufforderung, die er deshalb am Schlusse seines oben genannten Werkes wiederholt, Folge gegeben.

Zacharias weist vielfach auf das Unvollkommene und Trügerische der experimentellen Untersuchungen hin, auf ihre Einseitigkeit und Beschränktheit, die sie zur Aufhellung der Wahrheit ziemlich untauglich mache. Ähnlichen Klagen begegnen wir in einer Arbeit Dr. Heinrich Rudolphs über „Erdmagnetismus und Luftelektrizität". *) Auch diese schönen Ausführungen, die sich hier leider nicht in der wünschenswerten Ausführlichkeit wiedergeben lassen, die aber jedes Physikers und Meteorologen höchste Aufmerksamkeit verdienen, sprechen für den engen Zusammenhang zwischen Magnetismus und Elektrizität.

Die Wissenschaft zeigt sich, nach Dr. Rudolph, in der unerquicklichen Lage, daß alle zusammenfassenden Untersuchungen für die Existenz eines einzigen großen erdmagnetisch-luftelektrisch-solaren


Kugelmagnet, zweitriftig. Kugelmagnet, zirkumpolartriftig.


Kugelmagnet, äquatorialtriftig.


Kugelmagnet mit einem magnetischen Fleck.

Erscheinungskomplexes sprechen, daß aber alle speziellen Experimentalforschungen über Luftelektrizität während des letzten Jahrzehntes gegen diese Überzeugung entschieden haben.

Die schon im vorigen Bande dieses Jahrbuches (IV, S. 109) kurz skizzierte Ansicht unseres Forschers, daß nur eine hydrodynamische Auffassung der Atome **) der Vernunft keine Gewalt antut, indem sie die Welt einzig als die ewige Wiederholung desselben Wechselspieles von Geburt und Zerstreuung der Energie infolge der Zermalmung von Atomen in den Tiefen der Sonnen und ihrer Wiedergeburt aus Äther im Weltraume erkennen lehrt — diese Ansicht stellt er auch hier an die Spitze seiner Betrachtungen. Sie müßte seines Erachtens Fabeln wie die vom Elektronentanz, den

*) Coblenz 1906, Selbstverlag. 49 S.

**) d. h. eine Auffassung, nach der die Atome nicht ewig und unzerstörbar sind, sondern durch das Zusammen- und Auseinanderfließen der in unermeßlich dünnen, kontinuierlichen Strahlen fließenden Äthermaterie entstehen und vergehen.

Radiumexplosionen und der endlichen Verbleiung alles Radiums jedem Manne der Wissenschaft ungenießbar machen. Aber wie sagt Goethe von dem „Kerl, der spekuliert"?

Die Verfolgung des leitenden Grundgedankens von der Atomzermalmung in der Sonne und der hydrodynamischen Wiedergeburt von Energie in der Form einer Kathodenstrahlung der Sonne, welche mit dem Sonnenfleckenstand zu variieren scheint, führt uns aus dem modernen Chaos der Hypothesen über atmosphärische Elektrizität zu der alten Annahme zurück, daß dieselbe von der Sonnenstrahlung herrührt. Damit ist dann auch die Aussicht auf die Auffindung eines Zusammenhanges zwischen dem Erdmagnetismus und der Luftelektrizität wieder eröffnet, indem die Annahme einer so mächtigen Quelle die relativ große Energie, die sich in den erdmagnetischen Erscheinungen erschöpft, begreiflich erscheinen läßt.

Im Verfolg dieser Idee kommt Dr. Rudolph unter Berücksichtigung aller Ergebnisse der bisherigen Forschungen über atmosphärische und tellurische Elektrizität dahin, zu erklären, wie die Mengen positiver und negativer Elektrizität, die aus der Atmosphäre durch Gewitter, Niederschläge und Spitzenwirkung der Hochgebirge zur Erde gelangen, einen ost-westlichen Strom bilden können. So enthüllt sich der Magnetisierungsstrom der Erde als das Ende des Ausgleichungsprozesses zwischen den positiven und negativen Jonen in der Atmosphäre.

Auch Dr. Rudolph glaubt, wie Zacharias, daß die Technik auf der Grundlage seiner Anschauungen zur Gewinnung gewaltiger Kraftmengen gelangen könnte, und zwar in größerem Betrage, als die gegenwärtig auf ihr in Tätigkeit befindlichen Maschinenkräfte darstellen; was für die sicherlich einmal eintretende „kohlenlose, die schreckliche Zeit" von höchster Bedeutung wäre.

Die Entstehung der Spektra.

Auch die Spektralanalyse, dieser für die Erkennung der Zusammensetzung der Stoffe und für die Kenntnis der Elemente und Vorgänge auf anderen Weltkörpern so überaus wichtige Zweig der physikalischen Wissenschaft, ist von den neueren Anschauungen über das Wesen der Elektrizität und den Bau der Atome nicht unberührt geblieben. Auf Grund der Vorstellungen, die man sich von der Wechselwirkung der Materie und der Elektrizität gebildet hat, versucht Prof. J. Stark*) eine Erklärung für die Summe der wichtigsten elektrischen Gasspektra zu geben.

In den drei Lichtquellen, die gewöhnlich zur Erzeugung von Spektren benützt werden, in der mit Metallsalzen gefärbten Bunsenflamme, im elektrischen Lichtbogen und im Glimmstrom, nimmt man die Existenz freier negativer Elektrizitätsteilchen an, die sich lebhaft bewegen und dabei teils untereinander, teils mit den materiellen Atomen in der Flamme Zusammenstöße erleiden. Angenommen, daß die Aussendung einer Strahlung dadurch zu stande kommt, daß ein solches elektrisches Teilchen oder auch ein Atom infolge des Zusammenstoßes einen Teil seiner Geschwindigkeit, seiner Bewegungsenergie verliert, so erscheint die Strahlung einfach als umgewandelte Energie der innerhalb der Flamme stark sich bewegenden Teilchen. Der Leuchtprozeß wird also um so intensiver sein, je größer die Zahl und die Geschwindigkeit der vorhandenen negativen Teilchen (Quanten) oder Elektronionen ist. Da außerdem die elektrische Leitfähigkeit eines Gases mit der Zahl der Quanten wächst, so bietet die Beobachtung, daß in einer Flamme Leuchten und Leitfähigkeit miteinander zu- oder abnehmen, eine experimentelle Stütze für die Vorstellung, daß die Strahlung einfach umgewandelte kinetische Energie sei.

Die Wellenlänge der Strahlung wird von der Stoßdauer abhängig sein, unbeeinflußt durch die chemische Natur des strahlenden Körpers. Da in einem solchen Körper alle möglichen Stoßzeiten vorkommen, so muß er auch alle möglichen Wellenlängen aussenden: es bedingt also die Gegenwart negativer Quanten in einem Körper ein kontinuierliches Spektrum. Durchfährt nun ein solches Quant ein neutrales Atom, so treibt es aus ihm ein neues negatives Quant aus, so daß das Restatom positiv geladen zurückbleibt. Infolge der bei diesem Vorgang erlittenen Erschütterung wird auch das positive Restatom der Träger einer Strahlung, und J. Stark nimmt an, daß die positiven Atomionen die Träger des Linienspektrums des betreffenden chemischen Elements sind. Wird nun das Quant, das durch seinen Stoß das positive Restatom erzeugte, infolge nachlassender Geschwindigkeit in der Nähe des letzteren zurückgehalten, so kann es sich dem Restatom allmählich nähern und endlich anlagern, so daß beide zusammen ein neues neutrales Atom bilden. Dabei wird die potentielle Energie des freien Quants erst in kinetische Energie der Quanten und schließlich in Strahlungsenergie verwandelt, und Stark nimmt an, daß bei dieser Vereinigung von positivem Restatom und negativem Quant oder Elektron zum neutralen Atom das Bandenspektrum ausgesandt wird.

Durch eine Reihe überzeugender Versuche werden diese Annahmen unterstützt. Für jeden elektrisch strahlenden Körper müssen, da in ihm negative Quanten, positive Restatome und neutrale Atome vorhanden sind, gleichzeitig alle drei Spektrensorten nachweisbar sein, und das ist tatsächlich auch der Fall, obschon es manchmal nicht mit voller Deutlichkeit hervortritt. Für die obige Hypothese sprechen besonders die von Prof. Stark mit Hilfe einer Quecksilberlampe angestellten Versuche. Erzeugt man zwischen Quecksilberelektroden im Vakuum (luftleeren Raum) einen Lichtbogen, so ergibt dieser in seiner ganzen Ausdehnung das Linienspektrum, weil das Bandenspektrum infolge der hohen Temperatur nur äußerst lichtschwach ist. Stellt man dagegen zwischen den Elektroden den viel schwächeren Glimmstrom her, wobei die mittlere Temperatur in der positiven Lichtsäule unter 300° bleibt, während sich in der negativen Glimmschicht

*) Annal. der Physik, Bd. 14 und 16, Physik. Zeitschr., 7. Jahrg. (1906), Nr. 10.

eine hohe Temperatur erhält, so zeigt erstere das Bandenspektrum in überwiegender Stärke, während durch die negative Schicht vorwiegend das Linienspektrum erzeugt wird. Daß die Träger des Bandenspektrums, der Theorie entsprechend, elektrisch neutral, die Träger des Linienspektrums positiv geladen sind, ergibt ein anderer Versuch. Läßt man den leuchtenden Quecksilberdampf zwischen zwei geladenen Metallplatten, also durch ein elektrisches Feld, in ein weites Ansatzgefäß strömen, so bleibt der das Bandenspektrum zeigende Dampfstrahl unbeeinflußt von dem elektrischen Felde, während der das Linienspektrum zeigende Strahl von der negativen Platte angezogen wird, also, wie die Theorie es annimmt, als positiv geladen erscheint.

Diese Annahmen erklären das Spektrum in seinen Grundzügen, in groben Umrissen, möchte man sagen; für eine Anzahl feinerer Eigentümlichkeiten bedurfte es weiterer Hypothesen, um die sich besonders die Physiker Lenard, Kayser und Runge verdient gemacht haben.*) Sie sollen in folgendem kurz dargestellt werden.

Die Optik betrachtet als den Mechanismus der Fortpflanzung des Lichtes eine Wellenbewegung des Äthers, die durch äußerst rasche Stöße von seiten schwingender Teilchen der Lichtquelle ausgelöst wird. Nehmen wir als eine solche Lichtquelle einmal die der Forschung bequem zugängliche Strahlung eines in der Flamme erhitzten Metalldampfes, speziell des Dampfes eines Alkalimetalles (Natrium, Kalium, Lithium, Cäsium, Rubidium), so zeigt die Spektralanalyse, daß von dieser Lichtquelle gleichzeitig eine große Reihe getrennter Schwingungen ausgehen, die sich durch die Zahl der Vibrationen in der Sekunde voneinander unterscheiden. Das zeigt sich durch das Auftreten einer gewissen Zahl von hellen Linien im Spektrum der betreffenden Strahlung. Beim Studium der Lage der anscheinend ganz willkürlich verteilten Linien ergaben sich einzelne Gruppen, deren Linien alle in einer gewissen, hier nicht näher darzulegenden mathematischen Beziehung standen. Für die Alkalimetalle ließen sich fast sämtliche unter den günstigsten Verhältnissen sichtbaren Linien in drei solchen Serien unterbringen, von denen diejenige, die gerade die deutlichsten und am leichtesten auftretenden Linien enthielt, als Hauptserie und die beiden anderen als erste und zweite Nebenserie bezeichnet wurden. Die Teilchen des stark erhitzten Dampfes der oben genannten Alkalimetalle schwingen also in der Weise, daß sie den Äther in sehr verschiedene Vibrationen versetzen, die aber unter sich derart zusammenhängen, daß sie sich in die genannten drei Serien einordnen lassen.

Nachdem festgestellt war, daß bei der Einführung eines Metallsalzes in die Flamme zumeist ein Zerfall der Moleküle des Salzes stattfindet, von denen dann nur das Metall sichtbare Schwingungen aussendet, führte die Beobachtung der Zerstreuung der Metalldämpfe im Flammengase zu dem Ergebnis, daß nicht Atomaggregate, sondern einzelne Atome des Dampfes die Schwingungen ausführen. Daß trotzdem nicht eine einzige, sondern eine ganze Reihe von verschiedenen Schwingungen möglich sein sollte, die eben in den Serien ihren Ausdruck fänden, wurde erst verständlich, als Prof. von Lenard entdeckte, daß der elektrische Bogen aus mehreren sich umhüllenden Schichten besteht, und daß ein Metall, welches in der äußersten Schicht, also im Saume verdampft, nur die Hauptserie aussendet, nichts von den Nebenserien; daß ferner in einer tiefer im Innern der Flammen liegenden Schicht zwar die erste Nebenserie emittiert wird, die zweite aber noch fehlt, und daß deren Emission endlich in noch größerer Tiefe beginnt, ja daß bei Natrium sogar noch tiefer eine bisher unbekannte dritte Nebenserie ausgesandt wird. Diese Beobachtungen haben sich seitdem auch an der Bunsenflamme (Gemisch von Gas und Luft) als richtig erwiesen, obschon die räumliche Trennung der einzelnen Emissionen hier nicht so vollständig ist.

Das Metallatom sendet also in der Tat alle die verschiedenen Schwingungen aus, besitzt aber in den verschiedenen Schichten der Flamme oder des elektrischen Bogens verschiedene Zustände derart, daß der eine Zustand nur Schwingungen der einen Serie, ein anderer wieder nur Schwingungen der anderen Serie ermöglicht. Mit Hilfe der elektrischen Beobachtung ließ sich feststellen, was für Zustände des Atoms für die Aussendung der verschiedenen Serien maßgebend sind.

Man bringt zu dem Zwecke die ganze Flamme oder Teile von ihr in ein elektrisches Feld und beobachtet die dabei eintretenden Erscheinungen. Während ein solches Feld im Saume des Bogens oder der Bunsenflamme keine sichtbare Veränderung hervorbringt, veranlaßt es in den tieferen Schichten Wanderungen der leuchtenden Dämpfe nach der negativen Seite des Feldes und deutet damit positive Ladung der schwingenden Teilchen an. Da diese letzteren (in den inneren Flammenschichten befindlichen), wie oben gezeigt, nur die Nebenserien emittieren, die Teilchen im Saume nur die Hauptserie, so läßt sich behaupten, daß die Emissionszentren der Hauptserie elektrisch neutrale Atome sind (weil sie vom elektrischen Felde nicht beeinflußt werden), diejenigen der Nebenserien positiv geladene Metallatome sind. Es trifft also nicht völlig zu, daß, wie Prof Stark annimmt, das Linienspektrum ganz und gar positiv geladenen Atomen zuzuschreiben ist.

Es bliebe nun noch die Frage zu beantworten, wie die Entstehung der beiden gefundenen Atomzustände (neutral und positiv geladen) zu erklären ist. Das Studium der Kathodenstrahlen hat gezeigt, daß wir es in ihnen mit rein negativer Elektrizität zu tun haben. Bestrahlt man mit den Kathodenstrahlen oder mit ultraviolettem Lichte irgend einen Körper, so wird dadurch neue, sogenannte sekundäre Kathodenstrahlung, also negative Elektrizität, in ihm ausgelöst, und der betreffende Körper bleibt positiv geladen zurück. Diese negativen Elektrizitätsquanten würden, von einem neutralen Atom aufgenommen, dieses negativ laden, von einem gleichstark positiv geladenen aufgenommen, dieses neutralisieren.

*) Annal. d. Physik, Bd. 17, Naturwiss. Wochenschr., Bd. 4, Nr. 46.

Übertragen wir dies auf die Flamme, so müssen wir uns den Vorgang so vorstellen, daß das neutrale, die Hauptserie der Spektrallinien aussendende Metallatom unter dem Einflusse der hohen Temperatur oder aus irgend einem anderen Grunde ein Elementarquantum negativer Elektrizität verliert und dann die Nebenserie aussendet, da es nach diesem Verluste in positivem Zustand zurückbleibt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß es die erste Nebenserie emittiert, wenn es ein einziges Elementarquant verloren hat, die zweite, wenn es deren zwei eingebüßt hat, und so fort; denn Prof. v. Lenard hat nachgewiesen, daß es immer dasselbe Atom ist, das nacheinander elektrisch neutral und positiv geladen ist, daß also ein und dasselbe Atom die verschiedenen Zustände in der Flamme nacheinander annehmen und in ihnen einmal die Hauptserie, einmal die Nebenserien ausstrahlt. Denken wir uns also ein Alkalimetall in das Innerste des elektrischen Bogens, wo die höchste Temperatur herrscht, eingeführt, so verliert das Atom dort möglichst viele negative Quanten und emittiert eine möglichst hohe Nebenserie. In den nach außen folgenden Schichten ist der Verlust infolge abnehmender Temperatur weniger groß, und es werden für eine gewisse Zeit die verlorenen Quanten ganz oder teilweise wieder aufgenommen. Im Saume der Flamme endlich verliert das Atom kaum noch ein Quant, nimmt dasselbe auch sehr rasch wieder auf, ist also größtenteils neutral und emittiert die Hauptserie. Je kürzer also an den einzelnen Orten die Zeit des Fehlens eines oder mehrerer Quanten ist, desto mehr wird die Hauptserie oder eine niedere Nebenserie emittiert werden.

Die Zerlegung der gewöhnlich als einfach erscheinenden Spektrallinien der Elemente in mehrere Komponenten, wie sie kürzlich L. Janicki*) gelungen ist, wird vielleicht weiteres Licht in diese Entstehungsgeschichte der Linien und Serien des Linienspektrums bringen. Es handelt sich bei diesen Versuchen zur Zerlegung der Spektrallinien darum, die etwa vorhandenen Komponenten einer einfach erscheinenden Linie durch Anwendung von Apparaten von großer auflösender Kraft so weit voneinander zu entfernen oder zu zerstreuen, daß sie einzeln wahrgenommen werden können. Prof. Janicki bediente sich eines Michelsonschen Stufengitters, das noch alle diejenigen Linien getrennt zeigte, die sich um Wellenlängen von 0·05 Angströmeinheiten im Rot bis 0·007 im Violett voneinander unterscheiden. Die Untersuchung ergab beim Quecksilber, daß dessen sämtliche Spektrallinien von 5790 Angströmeinheiten im Gelb bis 4057 im Violett mit einer Ausnahme aus mehreren, manchmal sechs Komponenten bestehen. Die Linien des Kadmiums erwiesen sich nur zum Teil als zusammengesetzt. Die D-Linien des Natriums zeigten sich durchweg einfach, und auch die sämtlich sehr scharfen Linien des Zinkes können nur Trabanten von verschwindend kleiner Intensität besitzen. Die grüne Thallium- sowie die rote Wasserstofflinie sind doppelt. Die beobachteten Wellenlängen jeder einzelnen Linie sind durchweg unveränderlich, während die bezüglichen Intensitäten der Komponenten merkliche Änderungen zeigen können. Dies Ergebnis ist auch deshalb bemerkenswert, weil solche Änderungen bei nicht genügend auflösenden Apparaten dem Beobachter Verschiebungen von Linien vortäuschen können.

Um solche Linienverschiebungen handelt es sich bei dem sogenannten Doppler-Effekt. Das Dopplersche Prinzip, um es kurz zu wiederholen, besagt, daß bei der relativen Bewegung einer Ton oder Licht erzeugenden Quelle vom Beobachter weg die Anzahl der in einer Sekunde zur Wahrnehmung gelangenden Ton- oder Lichtschwingungen kleiner, bei der entgegengesetzten Bewegung aber größer ist als bei stillstehender Ton- oder Lichtquelle. Fährt ein elektrischer Wagen mit Oberleitung seine Strecke ab, so ergeben die Schwingungen des von der Leitungsstange geriebenen Drahtes natürlich überall Töne von ungefähr derselben Höhe. Erwartet jedoch der Beobachter den aus der Ferne kommenden Wagen, so hört er zunächst einen dumpfen, tiefen Ton, der beim Näherkommen des Wagens ganz allmählich in einen helleren, hohen übergeht. Man könnte diesen Ausdruck des Dopplerschen Prinzips mittels eines Grammophons festhalten und reproduzieren. Genau so wie unser Ohr die Schallschwingungen, müßte das Auge bei genügender Lichtempfindlichkeit die beim Näherkommen der Lichtquelle wachsende oder beim Sichentfernen abnehmende Zahl der Lichtschwingungen gewahren. Nun aber, da diese Lichtempfindlichkeit fehlt, können wir nur aus der Verschiebung von Linien des Spektrums gegen die Seite längerer oder kürzerer Schwingungen einen Schluß auf die sich ändernde Geschwindigkeit der Lichtquelle in Richtung des Sehstrahles (Visionsradius) ziehen (siehe Jahrb. I, S. 16).

Spektroskopisch hat Prof. Stark vor kurzem den Doppler-Effekt bei den Kanalstrahlen nachgewiesen.*) Diese von Goldstein entdeckten Strahlen zeigen sich in Vakuumröhren mit durchlöcherter Kathode hinter dieser infolge einer von der Anode ausgehenden Strahlung und bestehen aus positiv geladenen Atomen, die sich mit großer Geschwindigkeit bewegen. Da nun nach Starks Annahme die positiven Atomionen eines chemischen Elementes dessen Linienspektrum aussenden, so muß der Doppler-Effekt an den Linien des Kanalstrahlenspektrums auftreten, wenn der Beobachtende in der Richtung dieser Strahlen steht, während bei seitlicher Beobachtung die Linienverschiebung verschwinden müßte. Durch spektrographische Aufnahmen des von Kanalstrahlen in wasserstoffgefüllten Röhren erzeugten Lichtes gelang es Stark in der Tat, bei Beobachtung parallel zu den Strahlen die Verschiebung aller Linien des Serienspektrums nach Violett darzutun, und zwar entsprechend einer Geschwindigkeit der Teilchen von 500 Kilometern in der Sekunde, während sich ihre durch Berechnung gefundene Höchstgeschwindigkeit auf 600 Kilometer beläuft. Theorie und Beobachtung stimmen also ziemlich gut überein.

Außer dem Serienspektrum zeigte das Photogramm auch das zweite Wasserstoffspektrum, das

*) Annal. der Physik, Bd. 18; Naturw. Rundsch., Bd. 21, Nr. 14.

*) Physikal. Zeitschrift, Bd. 6, S. 892

Bandenspektrum, jedoch ohne den Doppler-Effekt; dieser war hier auch nicht zu erwarten, da nach Starks Hypothese die Träger des Bandenspektrums neutrale, durch Vereinigung von positivem Atomion und negativem Elektron entstandene Atome sind, denen die Geschwindigkeit der Kanalstrahlen nicht zukommt.

Übrigens wird die Annahme Dopplers, daß die Verschiebung von Spektrallinien gegen die Seite längerer oder kürzerer Wellen einen Schluß auf die Veränderung der Geschwindigkeit der Lichtquelle erlaube, nicht mehr als alle Fälle erklärend angesehen. A. Schmidt*) betont, wie andere Physiker vor ihm, daß die Linienverschiebungen, die Veränderungen der Wellenlängen von Lichtstrahlen, auch andere Ursachen haben können als Bewegungen der Lichtquellen oder der Beobachtungsstandpunkte und beweist das an einem bestimmten Beispiel. Da die zur Klarlegung dieses Beispiels erforderlichen Formeln und Figuren sich hier nicht wiedergeben lassen, so sei nur ein Satz aus dieser Arbeit angeführt.

„Im Anschluß an die Deutung des Randes im Scheibenbilde der Sonne als des Produkts der Strahlenbrechung in der Sonnenatmosphäre (siehe S. 23) habe ich versucht, auch die Mehrzahl der außerordentlichen Erscheinungen außerhalb des Sonnenrandes des Scheines zu entkleiden, als ob es sich um leuchtende Objekte in den betreffenden Abständen von der Sonne handelte. Entweder nämlich, und das scheint mir das physikalisch ganz Unwahrscheinliche, sind die hoch aufsteigenden Protuberanzen glühende Gasmassen, deren ungeheure, teilweise über 800 Kilometer (in der Sekunde!) betragende Geschwindigkeiten des Aufsteigens ihnen keine Zeit zur Ausdehnung und adiabatischen Abkühlung lassen, oder es sind Produkte der Refraktion in emporgestiegenen, nicht selbst leuchtenden, von Schichten wechselnden Brechungsvermögens (Schlieren) durchsetzten Gasmassen, welche uns das Licht des äußersten Saumes des Sonnenrandes, der Chromosphäre, wiederspiegeln." Auch durch solche Strahlenbrechungen in Gasen können Verschiebungen der Spektrallinien hervorgebracht werden.

Zum Schlusse dieses Abschnittes sei an einem praktischen Beispiel der Wert der Spektroskopie für die Erkennung der Elemente dargetan. Im Jahre 1843 hatte Mosander das sehr selten chemische Element Terbium entdeckt und nach der ihm vorliegenden Substanz, die allerdings nur 1 bis 2% Terbium höchstens enthielt, dessen Eigenschaften dahin festgestellt, daß es ein dunkles, die anderen Erden stark färbendes Superoxyd bilde, welches sich beim Erhitzen im Wasserstoffstrom reduzieren lasse. Um mehr von dem neuen Weltbürger zu erfahren, mußte man größere Mengen von ihm gewinnen und ihm spektroskopisch zu Leibe gehen. Erstere zu gewinnen, ist dem Pariser Chemiker Dr. G. Urbain geglückt, der mittels mehrere Jahre hindurch fortgesetzter Fraktionierungen nach neuen, von ihm erfundenen Methoden 7 Gramm der kostbaren Substanz in großer Reinheit gewann. Er führte auch den chemischen Nachweis, daß seine Präparate ein einheitliches Element darstellen, welches mit dem Mosanderschen Terbium identisch ist und ein Atomgewicht von 159·2 besitzt.

Die spektroskopische Untersuchung des Elementes unternahm Dr. G. Eberhard,*) indem er zugleich außer dem Terbium selbst noch eine größere Anzahl Fraktionen desselben sowie der benachbarten Elemente, darunter des von Urbain erst in wünschenswerter Reinheit hergestellten, auf das Terbium folgenden Dysprosium heranzog. So konnte das Verhalten der Terbiumlinien im Spektrum von ihrem Entstehen (im Gadolinium) bis zu ihrem Verschwinden (im Dysprosium) verfolgt werden.

Dr. Eberhard gibt folgende Zusammenfassung seiner Ergebnisse:

Anzeichen für eine Zerlegbarkeit des Gadoliniums sind nicht vorhanden; zwischen ihm und dem Terbium scheint nach den Urbainschen Präparaten kein weiteres Element vorhanden zu sein. Das von Urbain hergestellte Terbium scheint ein einheitlicher, durch ein charakteristisches Spektrum wohl definierter Körper, ein Element zu sein, da keine Anzeichen einer Zerlegbarkeit gefunden werden konnten. Die von Dr. Urbain hergestellten Präparate sind so weit rein, daß eine mit ihnen durchgeführte Atomgewichtsbestimmung einen recht nahe richtigen Wert für diese Konstante (feststehende Größe) geben muß. Diejenigen Linien, die sowohl nach der Seite des Gadoliniums als auch nach der des Dysprosiums am weitesten zu verfolgen sind (3523·82, 3676·52, 3703·01, 3704·05, 4005·62, 4278·71) können dazu dienen, Terbium in Mineralien und Rohmaterialien nachzuweisen. Im Sonnenspektrum sind Terbiumlinien nicht oder wenigstens nicht mit merklicher Intensität vorhanden.

Im Anschluß an diese Ergebnisse, die einen wichtigen Schritt in der Erforschung der Yttererden bilden, wird es erst möglich sein, die Bearbeitung der weiteren Erden dieser Gruppe, Dysprosium und Neoholmium, erfolgreich in Angriff zu nehmen.

---

*) Physikal. Zeitschr., 7. Jahrg. Nr. 9.

*) Sitzungsber. der K. Preuß. Akad. der Wiss. 1906, Nr. 17—19.

Das Leben und seine Entwicklung.

(Allgemeine Biologie und Entwicklungslehre.)

Leben und Fortpflanzung. * Tellurische Auslese beim Menschen. * Abstammung und Stammesentwicklung des Menschen.

Leben und Fortpflanzung.

Der Fortschritt der Wissenschaften vollzieht sich schon gegenwärtig bei weitem nicht mehr so sehr durch die Auffindung neuer Tatsachen als vielmehr durch die Entdeckung ungeahnter Zusammenhänge zwischen ihnen, durch das Aufstellen neuer Gesichtspunkte zur Verknüpfung des bergehoch gehäuften Forschungsmaterials und durch die Wechselwirkung und gegenseitige Befruchtung der einzelnen Wissenschaftsgebiete. Ohne Frage sind die Bausteine, welche der Entdecker neuer Tatsachen, sei es aus dem engen Gesichtsfelde des Mikroskops, sei es aus den unendlichen Bereichen des Erdballs und des Weltalls, zusammenträgt, vielfach schon in ihrer Vereinzelung hochinteressant. Aber erst ihre Vereinigung zu einem Wissenschaftsgebäude, einer Theorie oder auch nur einer Hypothese, macht sie nutzbar und fruchtbringend für den menschlichen Geist. Stellt sich auch dank der regen und wachsamen Kritik nicht selten heraus, daß das Fundament des Gebäudes unsicher, daß die Richtlinien schief, daß die Wände unhaltbar sind, was schadet es? Wackere Bauleute sind schnell an der Arbeit, es abzureißen und aus dem unversehrten Baumaterial der Tatsachen ein neues zu errichten, und dieser Wechsel vollzieht sich so lange, bis eines Tages ein festgefügter, anscheinend durch nichts mehr zu erschütternder Bau dasteht, eine Theorie, die Jahrhunderte, Jahrtausende hindurch das Erkenntnisvermögen befriedigt und erfreut.

Da sich neuen Verknüpfungen und Gesichtspunkten gegenüber der Geist der Kritik ohnehin regt, so brauchen wir unsere Leser, wenn sie in folgendem derartige Gedanken finden, nicht erst zu besonderer Aufmerksamkeit aufzufordern. Dr. Emil König beschenkt uns in drei kürzlich erschienenen Werken mit einer Fülle neuer Gedanken zur Lebens-, Fortpflanzungs- und Entwicklungsfrage. Es ist ein Vergnügen, seine Arbeiten zu lesen, so reich an originellen, unverhohlen ausgesprochenen Ideen sind sie, und es ist zu hoffen, daß recht viele Leser auf Grund der nachfolgenden Zeilen zu den Büchern Dr. Königs selbst greifen werden.

Ein Versuch, die eigenartige Erscheinung des Lebens zu umgrenzen und gegen die Welt des Unorganischen zu definieren, führt ihn ungefähr zu folgenden Sätzen:*)

Der Stoff, an den das Leben auf der Erde geknüpft ist, die organische Substanz, tritt uns entgegen als eine unzusammenhängende Masse, als eine Summe von verschiedenartigen und scharf gegeneinander abgegrenzten Teilen, die wir Lebewesen nennen. Diese organische Masse hat ihren Wohnsitz auf der Oberfläche der Erde, eine Tatsache, die bei der Beurteilung des Lebens nicht immer genügend gewürdigt wird. Sind alle Lebensbedingungen, z. B. Möglichkeit der Nahrungsaufnahme, des Stoffwechsels, der Wasseraufnahme, erfüllt, so folgt das Leben in seiner höchsten Kraftentfaltung im allgemeinen der Intensität der Sonnenbestrahlungswärme, ist also in den Tropen am üppigsten, ausgenommen im Meere, wo die Temperaturunterschiede lange nicht so groß wie auf dem Lande sind. Die organische Masse, an deren Zusammensetzung vor allem die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff beteiligt sind, unterscheidet sich von der unorganischen Substanz u. a. auch dadurch, daß die Elemente in ihr in sehr komplizierten Verhältnissen auftreten, „hoch zusammengesetzt" sind. Dadurch ist den Elementen die Möglichkeit gegeben, sich in unzähligen Kombinationen chemisch zu vereinigen, d. h. die organische Substanz besitzt die Möglichkeit, in ihrer chemischen Zusammensetzung stark zu variieren.

Alle Lebensgebilde, die gegliedert und organisiert sind, weisen stets eine bestimmte Form, eine Gestalt auf, auch die Zelle, deren Umriß sich meist der einfachsten Form, der Kugelgestalt nähert. Der Bauplan, wie ihn der Organismus der Zelle aufweist, ist auch der Bauplan aller anderen Lebensgebilde, der höher organisierten Wesen oder „Zellen 2. Grades" und der Staatengebilde oder „Zellen 3. Grades", womit die Zelle und ihre Konstruktion gleichsam ein Charakteristikum für die organische Masse, für das Leben ist. Hinsichtlich dieses Punktes sei auf die im vorigen Jahrbuch (IV, S. 125) wiedergegebenen Ausführungen Dr. E. Königs verwiesen.

Alle organischen Gebilde, und zwar die tierischen in wesentlich höherem Maße als die pflanzlichen, besitzen Eigenwärme, die sie durch den Stoffwechsel in sich selbst unausgesetzt erzeugen. Dadurch besteht ein gewaltiger Unterschied zwischen ihnen und der leblosen Natur. Ein Körper mit Eigenwärme befindet sich in einem dauernden Spannungsverhältnis mit seiner Umgebung, mit der ganzen übrigen Materie auf der Erde, ja sozusagen mit der ganzen Welt. Zwei Körper mit verschiedenen Temperaturen haben, in Berührung miteinander gebracht, bekanntlich das Bestreben, ihre Temperaturen auszugleichen: der wärmere gibt seine Wärme an den kälteren ab, wird damit also selbst kälter, während gleichzeitig der kältere seine Kälte an den wärmeren abgibt, damit aber selbst wärmer wird. Dabei zieht sich nach einem bekannten physikalischen Gesetze der wärmeabgebende Körper zusammen, während der wärmeaufnehmende sich ausdehnt. Körper, die andauernd Wärme in sich erzeugen,

*) Das Wesen des Lebens. Von Dr. Emil König (Hillgers Illustrierte Volksbücher, Bd. 48). 1906.

also Eigenwärme besitzen, wie die Lebewesen, befinden sich mit ihrer Umgebung, der Atmosphäre, in einem dauernden Spannungsverhältnis, solange sie eben leben, Wärme in sich erzeugen. Sie müßten sich infolge ihrer Wärmeabgabe zusammenziehen, können es aber nicht, weil ihre Eigenwärme (Ausdehnungsbestreben) sie daran hindert.

Auf dem Aufhören dieses Spannungsverhältnisses beruht nach Dr. König die Erscheinung der Leichenstarre. Stirbt ein Mensch oder ein Tier, so hört die innere Wärmeproduktion in wenigen Stunden auf und in dem Maße, wie das geschieht, beginnt sich der erkaltende Körper zusammenzuziehen. Die Masse, in der die Zusammenziehung vor sich geht, ist das Fleisch, die Muskulatur. Jede Bewegung, die ein Tierkörper im Leben macht, beruht darauf, daß ein Teil dieser Zusammenziehungsmasse, ein Muskel, sich zusammenzieht, während gleichzeitig ein anderer, sein Widerpart oder Antagonist, sich entsprechend ausdehnt oder ausgedehnt wird. Eine Bewegung z. B. des Armes oder Beines wäre nicht möglich, wenn bei einer Zusammenziehung eines Muskels nicht auch ein anderer ausgedehnt oder gestreckt würde. Nach dem Tode aber beginnt sich die Muskulatur im ganzen zusammenzuziehen; dadurch werden die Glieder und der ganze Körper steif und starr, der Zustand der Leichen- oder Totenstarre tritt, entsprechend dem allmählichen Aufhören der Wärmeerzeugung, nach und nach und über den ganzen Körper fortschreitend ein. Nur wo dem Tode große körperliche Anstrengungen vorausgingen, tritt die Leichenstarre ziemlich plötzlich ein, so z. B. bei einem zu Tode gehetzten Wild oder einem nach großen Strapazen gefallenen Soldaten; denn hier ist der Körper nicht mehr lange im stande, innerlich, in den Geweben, noch Wärme zu erzeugen. Nach einiger Zeit beginnt dann der Verwesungsprozeß, ein Vorgang, der mit dem Leben des betreffenden Körpers nichts zu tun hat. Es wird aber dabei ebenfalls Wärme erzeugt, und zwar durch Bakterien im Körper. Durch diese Wärme dehnt sich die Leiche wieder aus und die Leichenstarre wird allmählich wieder aufgehoben.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zur Betrachtung der dem Leben eigentümlichen Erscheinungen zurück!

Ein Körper mit Eigenwärme müßte, das lehrt uns das Aussehen der Weltkörper, im Prinzip Kugelgestalt haben, und die Lebewesen besäßen diese wahrscheinlich auch, wenn nicht die Einwirkung anderer Kräfte sie hinderte, diese Gestalt einzunehmen. Zu solchen Kräften gehört vor allem die eigene Schwere; wo sie vorwiegend zur Geltung kommt, erscheinen die Lebewesen von oben nach unten gleichsam zusammengedrückt. Außer ihr kommt noch eine ganze Reihe anderer Druckwirkungen und Widerstände in Betracht, die dem Lebewesen die Kugelgestalt nehmen und ihm eine andere, besondere, erst im Laufe seiner Entwicklung allmählich werdende Gestalt geben.

Die Masse eines Körpers mit Eigenwärme muß nicht nur geformt, und zwar im Prinzip in Kugelgestalt, auftreten; sie zeigt ein eigenartiges Verhalten auch darin, daß ihre Dichtigkeit von der Mitte nach der Oberfläche hin fortschreitend zunimmt. Eigenwärme und Ausdehnungsbestreben, sozusagen zwei Ausdrücke für dieselbe Erscheinung, wirken bei einem Körper, z. B. einer Kugel, dahin, daß sich ihre Masse vom Mittelpunkte aus nach allen Richtungen ausdehnt. Da aber die ganze Kugel als solche in Wirklichkeit nicht größer wird, denn sie besitzt nur Ausdehnungsbestreben, Spannung, so muß ihre Masse nach der Oberfläche zu immer dichter werden. In der zentralen Partie ist also die Masse ziemlich stark ausgedehnt, in der äußersten Schicht herrscht die größte Dichtigkeit. Durch eben diese dichtere Außenschicht, die Haut, das Fell, die Membran, werden auch die kleinsten Lebensgebilde von ihrer Umgebung oder ihren Nachbarn scharf abgegrenzt.

Auf diesem eigentümlichen Verhalten der Masse eines Körpers mit Eigenwärme beruht ferner die Erscheinung, daß wir die wichtigsten Erscheinungen und Vorgänge des Lebens auf den mittleren, zentralen Teil eines Lebensgebildes beschränkt oder lokalisiert finden, so daß dieser Teil bei der Ernährung, der Fortpflanzung und anderen wichtigen Vorgängen die Hauptrolle spielt, und daß wir die Zelle, den Elementarorganismus, sowie jedes andere Lebensgebilde in einen „Kern" und einen „Zellleib" differenziert finden.

Die Eigenwärme der Lebewesen wird von ihnen selbst durch den Vorgang des Stoffwechsels erzeugt. Ein solcher ist ohne rhythmische Bewegungen nicht möglich und diese bestehen im Prinzip und in ihrer einfachsten Form in abwechselnder Ausdehnung und Zusammenziehung. Im Prinzip ist demnach der ganze Körper nichts anderes als eine einfache Saug- und Druckpumpe. Mit seiner Ausdehnung saugt er die Stoffe in sich und mit seiner Zusammenziehung preßt er sie aus sich heraus. Zwar finden wir die rhythmischen Bewegungen bei den verschiedenen Lebewesen verschieden stark ausgeprägt und bei den einen leichter, bei den anderen schwerer wahrnehmbar; vorhanden aber sind sie bei allen. Rhythmik der Bewegungen ist demnach eine hervorragende Eigenheit des Lebens überhaupt.

Wenden wir uns nun von den Erscheinungen des Lebens im allgemeinen zu denen, die der einzelne Organismus bietet, so tritt zunächst die Frage auf: Was ist denn ein Organismus? Organisierung ist nach Dr. König Lokalisierung einer Tätigkeit bezw. Fähigkeit, die vorher das Ganze in allen seinen Teilen besessen hatte, auf einen bestimmten Teil der Masse des Ganzen. Dieser Teil übt die betreffende Tätigkeit nun viel energischer als vorher das Ganze, wird aber dabei immer weniger selbständig, vielmehr von den übrigen Organen immer abhängiger. Sehen wir heute einen Teil des Tierkörpers, den Darm, andauernd wurmförmige Bewegungen machen, so wissen wir, daß im Prinzip der ganze Tierkörper ohne Unterbrechung diese Bewegungen macht. Finden wir heute bei den Tieren ein Organ — das männliche oder weibliche Fortpflanzungsorgan, aus dem gewisse Gebilde, die sogenannten Keimzellen, herauswachsen, so wissen wir, daß diese Tätigkeit bei dem Tiere eine lokalisierte ist und daß im Prinzip diese Gebilde aus dem ganzen Tierkörper herauswachsen. Ist das der Fall, so haben wir diesen Vorgang als eine

ganz einfache Teilung des Tierkörpers bei seinem Wachstum aufzufassen.

Diesen Gedankengang verfolgt Dr. König in seiner Broschüre „Das Wesen der Fortpflanzung" in überaus anregender Weise.*) In manchen Fällen kann in Wirklichkeit der ganze Körper den Teilungsvorgang vollführen, z. B. bei der Zelle und beim Bienenstaate, weil sie einfachste, nur aus Kern und Zellkörper bestehende Gebilde sind. Die Tiere aber sind im allgemeinen höher organisierte Lebensgebilde, ihre Masse ist nicht nur in Kern und Zellkörper, sondern noch weiter in Muskeln, Nerven, Gefäße, Drüsen, Knochen usw. differenziert; auch sind sie meist stark gegliedert, und aus allen diesen Ursachen kann eine Teilung des Ganzen nicht erfolgen, wir sehen deshalb den Teilungsvorgang hier örtlich gebunden. Ist aber der Teilungsvorgang lokalisiert, so muß das Produkt der Teilung auch kleiner sein als das „Alte". Ferner muß die Teilung um so häufiger erfolgen, als die Keimzelle kleiner ist als das Alte. Und in der Tat produzieren die Tiere meist Millionen von Keimzellen, teilen sich also unzählige Male.

Die Keimzelle ist also nicht ein Gebilde, das unserer gewöhnlichen Zelle, der Zelle 1. Grades, entspricht, sondern ist ein dem „Alten", dem Tierkörper, völlig gleichwertiges Gebilde, sie ist eine Zelle 2. Grades (siehe Jahrg. IV, S. 125). Fassen wir sie als solche auf, so hat die Erscheinung, daß sich diese Keimzelle zum Organismus des Alten auswächst, gar nichts Wunderbares mehr, sie ist vielmehr ganz selbstverständlich. Die Organe sind in der Keimzelle „in der Anlage" vorhanden.

Aus dem Umstand, daß sich die Keimzelle bei ihrem Wachstum in 2, 4, 8, 16 usw. Zellen teilt und damit ein Verhalten wie die gewöhnliche Zelle zeigt, darf man nicht schließen, daß sie eine einfache Zelle sei. Bei der Teilung einer solchen entstehen ebenso wie beim Schwärmen des Bienenstaates zwei physiologisch von einander unabhängige Gebilde, während bei der Teilung der Keimzelle die Teilungsprodukte in einem gewissen physiologischen und jeweils auch in räumlichem Zusammenhange bleiben. Aus der Keimzelle wird ein Konglomerat von Gebilden, dieses ist ein geschlossenes Ganzes und bleibt es. Erst wenn die Keimzelle ausgewachsen ist, die Größe des Alten erreicht hat, dann teilt sie sich wirklich, indem sie eben Keimzellen produziert.

Die Produktion von Keimen erscheint nach der Auffassung Dr. E. Königs als eine Modifikation des Wachstums der Lebensgebilde. Dieses Wachstum ist für das Individuum beschränkt durch die Tatsache, daß die Lebensgebilde Organismen und als solche mit einer gewissen Größe, dem „individuellen Maße", begabt sind. Haben sie dieses erreicht, so wachsen sie wohl noch weiter, aber nicht mehr in der Weise, daß sie immer noch größer werden, sondern indem sie sich bei ihrem weiteren Wachstum teilen, so daß neue Lebensgebilde aus ihnen hervorgehen.**)

*) Neue Gesichtspunkte. München 1906.

**) Wie eine Bestätigung dieser Annahme erscheint es, daß sogenannte „Riesen", Menschen, deren Wachstum das „individuelle Maß" beträchtlich überschreitet, selten Nachkommen hinterlassen. H. B.

Da nun die Keimzelle nach ihrer Loslösung aus dem Fortpflanzungsorgan des „Alten" noch keine entwickelten und damit gebrauchsfähigen Organe besitzt, somit also nicht selbständig leben kann, so lebt sie zunächst in anderer, unselbständiger Weise. Einen Ausweg finden wir heute bei fast allen Lebewesen, Tieren und Pflanzen, das ist die Verschmelzung zweier Keimzellen zu einer einzigen, ein Vorgang, der uns als „Befruchtung" bekannt ist. Eine solche Verschmelzung wäre nicht möglich, wenn die Masse der Keimzelle schon differenzierte, entfaltete Organe besäße. Eine Stufe der Differenzierung ist allerdings schon vorhanden; aber sie schließt die Vereinigung nicht aus. Die weibliche Keimzelle umschließt nämlich einen gewissen Vorrat von Nahrung, Bildungsdotter; damit ist ihr Volumen beträchtlich vergrößert, ihre Spannung gleichzeitig herabgesetzt. Sie ist infolgedessen nicht im stande, sich in gehöriger Weise zu zerlegen, sich zu „furchen". Mit ihren vergeblichen Versuchen dazu, die wir als Bildung von „Polzellen" bezeichnen, verringert sich ihre durch die Kernmasse in ihr repräsentierte Spannung noch mehr, und sie wird „reif" für die Aufnahme der männlichen Keimzelle. Diese besteht fast aus reiner Kernmasse und besitzt daher Spannung par excellence, die schon dadurch zum Ausdruck kommt, daß diese Keimzelle die Fähigkeit intensiver Bewegung besitzt. Beide Zellen ergänzen sich also insofern, als die eine hohe Spannung, die andere einen Nahrungsvorrat mitbringt. Dadurch wird das neue Gebilde nicht nur lebensfähig, sondern sein Leben ist auch auf einige Zeit gesichert, indem es eine „Wegzehrung" mit sich führt.

Bei vielen, insbesondere den kleineren Tierarten (Insekten u. a.) reicht dieses Hilfsmittel auch aus; hier sind die Organe des Keimes nach Verbrauch der mitgegebenen Nahrung so weit entwickelt, daß er sich selbständig ernähren kann, zumal das „Alte" meist noch so vorsichtig ist, seine Eier dorthin zu legen, wo dem Keime nach dem Auskriechen die Beschaffung der Nahrung sehr leicht gemacht ist, indem er sich mitten darin befindet, wie das Fliegenei im Käse.

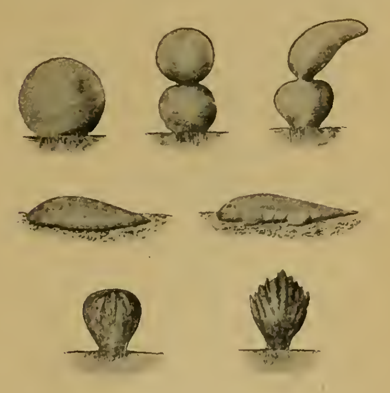
Schlimmer daran sind die Keime der größeren Tiere, z. B. der Wirbeltiere. Bekanntlich ist bei allen Tieren die Größe der Keimzellen nicht sonderlich verschieden, wohl aber die Zeit ihrer Entwicklung. Während sich der Fliegenkeim in einer Woche entwickelt, braucht der des Elefanten Jahre, um in die Organisation des Alten hineinzuwachsen. Daher ist der Keim der größeren Tiere nach Verbrauch der eingeschlossenen Nahrung noch weit entfernt davon, im Vollbesitze des Organismus zu sein. Hier setzen andere Hilfsmittel ein, um das Leben des Keimes bis zur ausreichenden Entwicklung der Organe zu fristen. Entweder saugt der „befruchtete" Keim bei seiner Wanderung aus dem Innern des Alten zur Oberfläche im Endstück des Fortpflanzungsschlauches, im Eileiter, vermöge seines dauernd ihm innewohnenden negativen Druckes weitere Nahrung in sich ein und verläßt schließlich, reichlich mit Nahrungsvorrat (Dotter, Eiweiß) beladen, das Alte, wie bei den Reptilien und Vögeln; oder er saugt sich bei seiner Wanderung aus dem Endstück

des Fortpflanzungsschlauches, dem zur Gebärmutter erweiterten Eileiter, direkt fest, hängt sich hier an das „Alte" an, lebt auf Kosten der Säfte desselben, wächst heran und entwickelt sich. Sind seine Organe, speziell Atmungs- und Ernährungsorgane, so weit entfaltet, daß sie in Tätigkeit treten können, so wird der Keim entlassen, „geboren".

Die Gesamtheit seiner biologischen Forschungen hat Dr. E. König in einem Werke, „Das Leben, sein Ursprung und seine Entwicklung auf der Erde" betitelt,*) niedergelegt. Der Umfang des Werkes erlaubt nicht, mehr als einige von den üblichen Auffassungen abweichende Punkte zu erwähnen.

In dem Kapitel über den Tod, als dessen hauptsächliche Ursache die Ablagerung körperfremder Stoffe in dem Wesen, der Kristallisationsprozeß, angesehen wird, berührt Dr. König den Zusammenhang zwischen der Wehrlosigkeit und gesteigerten Fortpflanzung vieler Tiere. Bei wehrlosen, häufig verfolgten Geschöpfen beginnt bei jeder Gefahr, ja schon durch die bloße Vorstellung einer solchen, sofort ein intensiver Stoffwechsel einzusetzen; es wurde infolgedessen mehr Wärme produziert, die höhere Wärme sofort in entsprechend energischere Bewegungen umgesetzt und das Tier so gerade zur Flucht getrieben. Verhinderten gewisse Verhältnisse das Tier an der Flucht oder machten sie die Flucht unmöglich, so blieb nichtsdestoweniger das schnelle Tempo des Stoffwechsels im Gange; doch konnte die so entwickelte Wärme nicht in Bewegung umgesetzt werden. Infolgedessen wurde das betreffende Tier durch die unbenützte Wärme fast gewaltsam ausgedehnt, aufs äußerste angespannt: es platzte beinahe vor Angst. Der intensivere Stoffwechsel und die daraus sich ergebende höhere Wärme bewirkten ein plötzliches Wachstum, und zwar, da die Form nicht weiter ausgedehnt werden konnte, ein Wachstum aus der Form heraus, d. h. eine Fortpflanzung. So bildete sich bei diesen ewig verfolgten Tieren — man denke an den Hasen — nicht nur die Fähigkeit plötzlicher, energischerer Bewegung heraus, sondern es entstand allmählich auch das Gefühl der Furcht, der Angst, und infolge dieses beständig wiederkehrenden Angstgefühles stellte sich ein reichlicheres Fortpflanzen als bei anderen Tieren ein. Die verfolgten Tiere erhielten also immer mehr die Fähigkeit, sich schneller fortzupflanzen als andere; damit wurde aber ihre Lebensdauer im allgemeinen geringer.

Sehr eigenartig sind die Ideen Dr. Königs über die erste Arbeitsteilung bei den niedersten Organismen der Vorzeit und über die daraus sich ergebende Zerlegung eines Teiles derselben in „Tier" und „Pflanze" (Spezialpflanze). Diese Zerlegung war eine Folge des Auftretens von Kohlensäure in der Atmosphäre, wodurch der Lebensprozeß komplizierter wurde. Der Kohlenstoff mußte nun von der Lebekugel aus seiner Verbindung mit dem Sauerstoffe, aus der Kohlensäure, gelöst werden. Der obere Teil der Kugel, der im Gegensatze zu dem den Boden berührenden Teile jetzt nur noch Sauerstoff aufnahm, war dazu selbstverständlich nicht im stande, da er als der an Sauerstoff reichere Teil den Kohlenstoff nicht aus seiner Verbindung mit Sauerstoff lösen konnte. Diese Arbeit fiel also dem unteren Teile zu, der die Kohlensäure zersetzte und den freigewordenen Kohlenstoff (bezw. die entstandene spezielle Kohlenstoffverbindung) dem Ganzen zuführte. Da der untere Teil dadurch eine bisher nicht geübte, neue Tätigkeit an seiner Oberfläche auszuführen hatte, mußte er seine Oberfläche vergrößern. Das geschah, indem er sich gegen den oberen Teil abzugrenzen, abzuschnüren begann. Allmählich verteilten sich die Rollen der beiden Teile in folgender Weise: der untere Teil nahm Wasser und Ammoniak aus dem Boden und Kohlenstoff aus der Luft auf, seine Tätigkeit war also hauptsächlich eine aufbauende; gleichzeitig aber nahm er auch noch Sauerstoff aus der Luft auf und schied Kohlensäure aus, doch trat diese Tätigkeit gegen die aufbauende zurück; der obere Teil nahm hauptsächlich Sauerstoff aus der Luft auf und zersetzte mit diesem die von dem unteren Teile gelieferten Kohlenstoffverbindungen. Er schied auch die Zerfallsprodukte aus. Seine Tätigkeit war mehr eine zersetzende. So waren zwei Organe entstanden, das untere die Pflanze, das obere das Tier, allerdings noch miteinander verbunden.



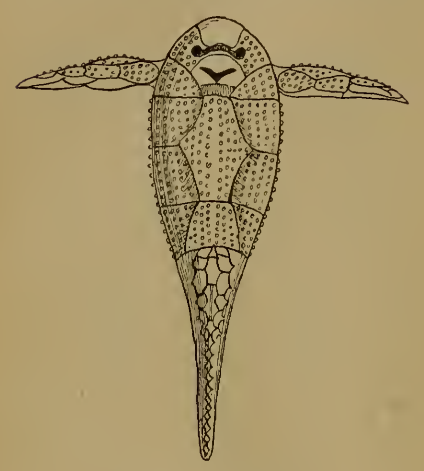
Schema der Zerlegung eines Urlebetyps in zwei „Organe", von denen das untere sich zur Pflanze, das obere zum Tiere fortbildet.

Vermittels einer Reihe verschiedener Vorgänge, auf die wir hier nicht näher eingehen können, bildete sich nach Dr. Königs Anschauung in der tierischen oberen Hälfte ein Ernährungskanal aus, der mit Hilfe nur ihm eigener wurmförmiger Bewegungen aus seiner Pflanze die Nahrung entnahm. Indem das Tier sich allmählich eine von der Pflanze verschiedene Tätigkeit aneignete, mußte auch die Substanz beider immer verschiedenartiger werden, ein Umstand, der die völlige Loslösung des Tieres von der Pflanze vorbereitete. Nachdem diese Trennung geschehen war, erfolgte die Weiterentwicklung der beiden Teilstücke in gänzlich verschiedenen Richtungen.

Sehr eingehend begründet Dr. König seine Ansicht, daß der Ursprung des Lebens nicht, wie häufig angenommen wird, im Wasser zu suchen sei, sondern vielmehr auf dem Lande, und daß hier

*) 2., gänzlich umgearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin 1905.

auch die erste Entwicklung der Lebewesen vor sich gegangen sei. Eine fortschreitende Entwicklung ist nach ihm im Wasser nicht möglich; was an Wassertieren existiert, ist durch rückschrittliche Entwicklung aus Lebewesen des Festlandes entstanden. Vieles, was dem biogenetischen Grundgesetze zufolge als Zeichen früherer wasserbewohnender Vorfahren der höheren Tiere gedeutet werde, sei nicht so aufzufassen. So seien die sogenannten Kiemenspalten bei den Embryonen der Wirbeltiere wohl Rudimente eines Atmungsorgans, aber keineswegs von Kiemen. Die Protozoen sind nach Dr. König nicht „Erstlinge des Lebens", sondern Endpunkte der rückschreitenden Entwicklung höherer Lebewesen im Wasser, wo diese sich schließlich in Einzellige aufgelöst haben. Auf Grund des biogenetischen Grundgesetzes ge-



Panzerfisch aus dem schottischen Devon.

langte man zu dem Schlusse, daß die primitivsten Landwirbeltiere, wie Lurche, früher im Wasser gelebt hätten, weil ihre Larven sich heute noch als Wassertiere entwickeln. Dr. König schließt umgekehrt: weil ihre Keime die Jugendzeit schon im Wasser verleben, wird sich auch bald die Art selbst zum Wassertiertyp umbilden, zurückschreiten.

Sehr anregend und durchdacht sind Dr. Königs Ausführungen über die Entstehung und den Zweck des Lebens, wenngleich auch wieder, wie die vorstehend angeführten, geeignet, zur Kritik und zum Widerspruch herauszufordern. Deshalb zum Schlusse nur noch ein Zitat aus seinem Hauptwerke: „Wir verallgemeinern unsere Theorie über die Entstehung des Lebens auf der Erde, indem wir sagen: Überall im Weltraume, wo zwei Weltkörper in ihrem Ausdehnungsbestreben in Konflikt kommen, entsteht Leben im Bereiche des Weltkörpers, dessen Ausdehnung zurückgeworfen wird, dessen Ausdehnung also die weniger intensive ist. Wir verallgemeinern ferner: Die Produktion von Leben gehört zur Wesenheit der Materie und der Kraft, bezw. des Verhältnisses beider zueinander."

Eine merkwürdige Bestätigung der Ansicht Dr. Königs, daß die Wassertiere Landlebewesen als Vorfahren besitzen, finden wir in einer Mitteilung Prof. Dr. Otto Jaekels über die Fauna von Wildungen.*) Die devonischen Kalke der Gegend von Wildungen sind reich an Versteinerungen mannigfacher Art, besonders an den Resten seltsamer, gegenwärtig ausgestorbener Wirbeltiere, der Placodermen oder Panzerfische, deren Körper von einem Panzer aus Knochenplatten umschlossen war, aus dem nur der flossenlose kurze Schwanz und merkwürdige seitliche Flossen frei hervorstanden. Nicht weniger als zwölf Gattungen von Placodermen mit etwa 50 Arten sind bis jetzt hier aufgefunden. Diese Formen liegen größtenteils so vollständig vor, daß Prof. Jaekel ihr gesamtes Skelett restaurieren, ja sogar innere Skeletteile, wie das verkalkte Knorpelkranium mit den Hinterhauptsgelenken, Blutgefäßeindrücken und Nervenkanälen, freilegen konnte. Die Schicht, aus der die Wildunger Fischreste stammen, muß einst in größerer Meerestiefe, außerhalb der eigentlichen Küstenzone etwa zwischen 200 und 500 Metern, zur Ablagerung gelangt sein. Die Fische sind dort offenbar so erhalten, wie sie auf dem Meeresboden zusammen lebten und starben. Während nun die berühmten Placodermenfundstätten des schottischen Devons nur wenige Formen, diese jedoch meist in großer Individuenzahl enthalten, zeigt die Fauna bei Wildungen das entgegengesetzte Bild: eine kaum zu gliedernde Fülle verschiedener Formen, von denen jede einzelne nur in wenigen Individuen vorkommt. Eine weitere Eigentümlichkeit der Wildunger Fauna ist die Tatsache, daß fast alle dort gefundenen Panzerfische durch Zwischenformen untereinander verbunden sind, was dafür spricht, daß diese überraschende Mannigfaltigkeit der Formen zweifellos an Ort und Stelle entstanden ist. Das Wunderbarste aber ist, daß die außerordentlich mannigfaltigen Formen alle nebeneinander in einer Gesteinsschicht von nur 10 bis 20 Zentimeter Dicke liegen, demnach nur wenige Generationen repräsentieren können. Prof. Jaekel glaubt, darin einen drastischen und überzeugenden Gegenbeweis gegenüber der älteren, durch die Selektionstheorie vertretenen Auffassung, daß alle Entwicklung allmählich sei, erblicken zu müssen. Die Entwicklungszeit dieser Fauna sei auf eine geologisch so kurze Spanne Zeit zusammengedrängt, daß man geradezu von einer explosiven Entwicklung reden könne. Es spricht also dieser Fund anscheinend für die von der Mutationslehre (de Vries) vertretene sprungweise Entwicklung der Organismen.

Die Organisation dieser Placodermen ist eine derartige, daß sie deutlich die Abstammung der Fische von älteren, uns bisher noch unbekannten Landwirbeltieren erkennen läßt. Anscheinend war die Organisation der Wirbeltiere in sich vollkommen gefestigt, als die ersten Fische auftraten; in diesen wird sie zwar äußerlich durch Anpassung an besondere Verhältnisse unterdrückt, kommt aber später bei höherer Leistungsentfaltung überall wieder zum Ausdruck.

*) Voss. Zeitung 1906, Nr. 572.

Tellurische Auslese beim Menschen.

Man hat sich vielfach mit den körperlichen Umwandlungen beschäftigt, welche der Fortschritt der Kultur am Menschen hervorbringt, und die Zukunftsbilder, die auf Grund solcher Untersuchungen entworfen werden, sind meistens recht betrübender Art. Die Gehirnmasse wird auch fernerhin zunehmen, die körperliche Leistungsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit schwächer werden, so daß der Mensch der Zukunft kaum den Eindruck einer Idealgestalt in unserem Sinne machen dürfte. Vergessen wird bei diesen Spekulationen gewöhnlich aber, daß auch die Natur, die Erde, ein Wort bei diesen Umwandlungen mitzureden hat. Solange wir uns ihr nicht ganz entfremden, wird sie die Kultureinflüsse zum Teil wenigstens in einem für uns günstigen Sinne zu paralysieren wissen.

Unter dem Titel „Tellurische Auslese" versucht einer unserer bedeutendsten Geographen, der unlängst verstorbene Prof. Kirchhoff, zu zeigen, wie sich aus einer ursprünglich gleichartigen und wohl nicht zahlreichen Gruppe, die irgendwo auf der Ostfeste ein Waldleben führte, das Geäst der Rassen und dann dessen Verzweigung in die einzelnen Völker herausgebildet hat.*) Wir sind allerdings noch sehr im Anfang exakter Studien über tellurische Wirkungen auf den menschlichen Körper begriffen. Aber gewisse Punkte beginnen sich doch schon zu klären.

Wer hätte z. B. gedacht, daß schon die bloße Seehöhe das Höhenmaß unseres Leibes mitbedingt! Einer Millionenmessung in Nordamerika entnehmen wir die Einsicht, daß innerhalb der Vereinigten Staaten alle diejenigen, die ihre Wachstumsjahre auf dem Hochlandboden der Westhälfte verlebten, durchschnittlich höheren Wuchs haben. Ebenso ist die Zunahme der Körpergröße des bayrischen Stammes südwärts von München ins höhere Alpenvorland und in die Alpen selbst hinein militärisch festgestellt. Merkwürdig ist dagegen wieder, daß die Nachkommen der europäischen Auswanderer nach Nordamerika fast durchschnittlich etwas höher auswachsen als ihre Väter. Das schottische Durchschnittmaß der Manneshöhe von 172 Zentimetern, das die Höhenskala in Europa nach oben abschließt, bildet drüben, und zwar im Ostraume von Britisch-Nordamerika, die unterste Stufe.

Nun wird aber das Höherwachsen um einige Millimeter den europäischen Einwanderern drüben kaum etwas nützen, ebensowenig wie das gewiß auch einem geheimnisvollen Einflusse der Landesnatur beizumessende Fadenscheinigwerden des Bartwuchses, das sich drüben sehr allgemein einzustellen pflegt. Von tellurischer Auslese in darwinistischem Sinne wird man erst bei den Körperabwandlungen des Menschen reden können, die wegen ihres ersichtlichen Vorteils für sie von dem betreffenden Landraume selbst gezüchtet werden. Prof. Kirchhoff führt ihrer einige an.

Schon die große Sinnesverschärfung der Wüsten- und Steppenbewohner hat unausgesetzt tätige Auswahl der Besten durch die Landesnatur zur Voraussetzung. Nahrungserwerb, lebenrettendes Zurückfinden zu den Genossen im Falle des Verirrens in den pfadlosen Öden, in denen überall der Durfttod den Menschen angrinst, ist nur den mit vollendetem Späherblick, feinstem Gehör und schärfstem Geruchssinn Begnadeten gewährleistet. Schwachsinnige werden in diesen Trockenlanden gerade so unerbittlich ausgerottet, wie der Kondor verhungern muß, wenn er zufällig nicht mit jenem teleskopisch scharfen Auge geboren ist, mit dem seine Art aus Ätherhöhen in vielfachem Kilometerabstand ein kleines Beutestück tief unten am Erdboden erkennt. Die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Auges, eines an sich ziemlich unvollkommenen Instruments, ist groß, und doch wäre ein Menschenleben zu kurz, um trotz täglicher Übung im Fernsehen jene enorme Schärfe zu erreichen. Dazu gehört vielmehr Vererbung des Falkenauges mit generationenweise gesteigerter Sehkraft bei stetem Zwange zu deren Übung, sei es, um einem Überfalle zu entgehen, sei es, um selbst einen solchen auszuführen oder ortskundig das schirmende Rückzugsziel nicht zu verfehlen.

Ein anderer Zusammenhang ergibt sich zwischen Breitbrüstigkeit und Hochlandsklima. Es ist sicher tellurische Auslese, daß die drei erhabensten Hochländer, Tibet, Mexiko und Hochperu (2000 bis 4000 Meter), mit der Ausbreitung der breitbrüstigsten Menschen zusammenfallen. Der zum Leben des Menschen unentbehrliche Sauerstoffgehalt der Luft ist im Vergleiche zu einem gleich großen Quantum Niederungsluft arg verringert: das zeigt schon ein Versuch mit der Leuchtkraft von Kerzen, von denen bei gleicher Beschaffenheit in Paris drei eine Lichtstärke geben wie in der Stadt Mexiko (2300 Meter über d. M.) deren zehn. Wie schafft sich nun der Höhenmensch genügende Luftmengen, da doch dem Niederungsmenschen beim Emporsteigen und vorübergehenden Aufenthalt die Luft knapp wird?

Das Rätsel löst sich dahin, daß Tibetaner, Mexikaner, Hochperuaner, wie der ungewöhnlich große Brustumfang andeutet, in ihren gewaltigen Lungen viel mehr Luft verarbeiten können als wir, weil die Lungenbläschen bei ihnen zahlreicher und geräumiger sind als bei uns. Offenbar liegt hier schon ein säkularer, Jahrhunderte, ja Jahrtausende hindurch währender Anpassungsprozeß vor. Nur Menschen, die schon durch Zufall etwas leistungsfähigere Lungen mitbrachten, erzielten gesundes, unverkürztes Leben, als ihr Volksstamm auf der Jagd, der Wanderung oder der Flucht vor Feinden diese Hochlande betrat; und die nimmermüde Weiterauslese sorgte dafür, daß immer die Lungengewaltigsten am sichersten überlebten und ihre in sehr kurzer Frist so sehr günstige Lungenvariierung zu immer noch größerer Vervollkommnung den Nachkommen vererbten, während Rückfällige mit schwächeren Lungen alsbald dem Klima zum Opfer fielen. Für die Niederung taugten dann solche Höhenlungen nicht mehr, was sich deutlich zeigte, als die Aimaras, Nachkommen der alten Inkaindianer, zu den Goldwäschen im Tieflande am

*) Deutsche Rundsch. für Geogr. u. Statist., 27. Jahrg. (1905), Heft 7.

Amazonenstrom herabstiegen. Sie erlagen rasch einer furchtbaren Sterblichkeit.

Nicht in allen Fällen ist die tellurische Auslese durchsichtig und klar. Daß die Schwärze der Negerhaut ebenfalls durch sie erzeugt ist, kann man wohl annehmen, doch nicht so schlagend nachweisen. Die schwärzliche Hautfarbe ist keineswegs ein direkter Schutz gegen die senkrecht herabfallenden brennenden Sonnenstrahlen, da ja dunkle Flächen die Wärme viel stärker aufnehmen als helle. Der afrikanische Neger ragt vielmehr vor anderen Schwarzen (Südaraber, Papua, Drawida, Australier) dadurch hervor, daß nur er die idealste Anpassung an die so gefährliche Krankheitserreger (Miasmen) ausbrütende schwüle, heißfeuchte Treibhausluft des Tropenraumes darstellt. Neger widerstanden dem mörderischen Klima der Panamaenge am besten.

Die Negerhaut wird durch eine unvergleichlich heftige Perspiration gekennzeichnet. Diese massenhafte Verdunstung der Körperflüssigkeit durch die Haut erzeugt hochgradige Verdunstungskälte, und darum fühlt sich die Negerhaut um so kühler an, je heißer die Sonne brennt. Das Schwergewicht der Widerstandsfähigkeit des Negers gegen das Tropenklima dürfte indessen wohl auf die außerordentliche Tätigkeit seiner Leber entfallen, die an Fülle der Gallabsonderung von keiner anderen Rasse erreicht wird. Ob mit diesem ganz anderen Säfteumtrieb die tiefe Bräunung der Haut zusammenhängt, wissen wir nicht. Jedenfalls beruht der ganze Organismus der Negerrasse auf einer so komplizierten Variierung unseres Geschlechtes, daß wir uns nicht zu wundern brauchen, wenn sie nur einmal auf Erden gelang, die viel einfachere Umformung des Atmungsorgans für Hochlandsklima dagegen dreimal, d. h. so oft sie tellurisch gefordert wurde.

Unter den Begriff der tellurischen Auslese fällt schließlich alle Akklimatisierung, ferner die Widerstandsfähigkeit des Europäers gegen gewisse Krankheiten. Wir sind seit alters an Masern-, Pocken- und Scharlachgift gewöhnt, denn diese Epidemien haben unter uns seit Jahrhunderten die am wenigsten Widerstandsfähigen hingerafft, während die Kräftigeren zwar auch erkrankt, aber durch das siegreiche Bestehen des inneren Kampfes gegen die aufgenommenen Krankheitskeime gefeit sind und diese Gabe erfolgreicher Abwehr durch zahlreiche Generationen zu immer höherer Vollendung vererbt haben. Naturvölker, denen diese Krankheiten durch europäische Matrosen zugetragen wurden, erlagen ihnen hilflos, wurden durch die verderblichen Keime dezimiert, ja stellenweise sogar ausgerottet.

Ein merkwürdiges Beispiel tellurischer Auslese bietet der sogenannte amerikanische Typ, über den Adam Röder sich auf Grund persönlicher Anschauung ausspricht.*) Er leugnet die feminine Edelauslese bei der Amerikanerin als etwas speziell Amerikanisches. Die so laut bei uns belobte „Amerikanerin" — was wird in Deutschland nicht alles gelobt, wenn es von recht weit her ist — sei nichts weiter wie germanische Auslese, entstanden durch absichtliche oder unabsichtliche Hochzüchtung, wie sie in allen Teilen Deutschlands, vornehmlich aber in Norddeutschland und in England, vorkomme. Die charakteristischen Merkmale germanischer Edelrasse, lange, gestreckte Figur, Langkopf, schmales Gesicht, schmale Nase, schmaler Fuß und schmale Hand — Röder hätte auch noch hinzufügen können: blonder Typus — kommen bei deutschen und englischen Frauen genau so oft vor, wahrscheinlich aber viel häufiger, wie in Nordamerika.

*) Reisebilder aus Amerika. Berlin 1906. (S. 55 ff.)

Die Modellierarbeit von Klima und Erde sieht man in Nordamerika auch schon, aber fast nur bei den Männern. Wem sind bei Amerikanern nicht schon die scharfen Gesichtszüge, das hervortretende Kinn, die Adlernase, markierte Backenknochen aufgefallen? Das sind die Kennzeichen des indianischen Typs, des Ureinwohners von Nordamerika. Auch die Wadenlosigkeit, ein Charakteristikum des indianischen Beines, soll bei den Männern erhebliche Fortschritte machen. So kann es, besonders wenn wir noch das eingangs erwähnte Wachsen des Durchschnittsmaßes der Körperhöhe und das Fadenscheinigwerden des Bartwuchses heranziehen, keinem Zweifel unterliegen, daß allmählich sich ein amerikanischer Typ herausbilden wird, der das germanische Urbild als Unterlage hat, auf der dann der autochthone Indianismus die scharfen Akzente des geborenen Rechtes eingraben wird. Das rührt jedoch keineswegs von einer Beimischung wirklich amerikanischen, d. h. indianischen Blutes her; denn mit den Indianern, die im Norden im Aussterben begriffen sind, ist der Eingewanderte, von Ausnahmen abgesehen, keine Vermischung eingegangen, die auch ziemlich prekär ist, weil Unfruchtbarkeit eine sehr häufige Erscheinung bei einer europäisch-indianischen Ehe ist. Daß jedoch der „amerikanische Typ" schon jetzt in ziemlich merkbarer Ausbildung vorhanden ist, lehrt uns ein Blick in die Witzblätter der verschiedensten Nationen, deren Zeichner, ohne Völkerkundige zu sein, dem „Bruder Jonathan" fast stets die oben bemerkten, allerdings dem Zwecke entsprechend karrikiert vergröberten Züge leihen. — Welchen Nutzen diese körperlichen Umwandlungen für die Betreffenden haben, ob sie überhaupt von Nutzen für sie sind, und ob man demgemäß hier tellurische Auslese im Sinne Kirchhoffs zu sehen hat, das ist eine andere Frage. Interessant an sich ist schon die Tatsache, daß ein Erdteil das Gepräge, das er seinen Ureinwohnern aufzudrücken vermochte, auch einer ganz fremden, kaum 300 Jahre in ihm weilenden Rasse zu geben versucht.

Abstammung und Stammesentwicklung des Menschen.

Bietet so die gegenwärtige Menschheit interessante Entwicklungsprobleme genug, Probleme, auf deren Lösung wir beim Vorhandensein alles dazu nötigen Materials einige Hoffnung setzen dürfen, so tappt dafür die Forschung hinsichtlich der Vorgeschichte des Homo sapiens-Stammes noch immer auf dunklen, nur hie und da durch einen kargen Lichtstrahl getroffenen Pfaden. Begleiten wir sie auf einigen Versuchen, das Dunkel zu erhellen!

Über die durch den Neandertalmenschen und (vielleicht) den Pithecanthropus aus Java dargestellten früheren Entwicklungsstufen des Menschengeschlechtes zurück, versucht Dr. M. Alsberg in die Finsternis unserer Stammesgeschichte hineinzuleuchten.*) Wir dürfen wohl annehmen, daß die ältesten menschlichen Ahnen noch niedrigere Merkmale besessen haben als die fossilen Menschen vom Neandertal, aus der Spygrotte, der Krapinaniederlassung und als die Ulraustralier, auf deren primitive, dem Neandertalmenschen nahestehende Organisation nach Klaatsch und Macnamara gewisse beim heutigen Australier sich findende Eigentümlichkeiten hinweisen. Die Reste der australischen Bevölkerung zeigen Merkmale, die der tierischen Vorfahrenform unseres Geschlechtes näher stehen als irgend eine andere Menschenrasse.

Solche Restzustände alter Entwicklungsstufen, die man vor nicht allzu langer Zeit noch für Willkür der Natur, Spiele des Zufalls hielt, sind z. B. die Variationen der Wirbelsäule und der Rippen, insbesondere die Vermehrung der letzteren, ferner das Auftreten überzähliger Schneidezähne, das Vorhandensein eines dritten Prämolaren**) und die volle Entwicklung eines vierten Molarzahnes, wie überhaupt die stärkere Entfaltung des Gebisses bei den Australnegern. Zu solchen primitiven Merkmalen zählt auch die Ausprägung des Schmelzfaltenreliefs bei ihnen, ähnlich dem, wie es an den hintersten Mahlzähnen des Menschen von Krapina vorhanden ist, die im Verhältnis zur Armlänge anderer Menschenrassen relativ bedeutende Länge des Armes bei den Australiern und Weddas; ferner die Breite des Zwischenraumes zwischen den beiden Vorderarmknochen, die abweichende Stellung des Oberarmkopfes, die relative Häufigkeit der Platyknemie, d. h. der seitlichen Abplattung des Schienbeines und ähnliche andere Eigentümlichkeiten im Knochenbau. Gewisse Abweichungen im Bau der Wirbelsäule, insbesondere die geringeren Dimensionen der Wirbelkörper, lassen sich nach Prof. Klaatsch nur damit erklären, daß an der inferioren Wirbelsäule die nachträglichen Einwirkungen der aufrechten Körperhaltung sich weniger stark geltend gemacht haben als bei anderen Rassen.

Eine Anknüpfung an den Urzustand der Menschheit ist nach Klaatsch auch gegeben, wenn man wohlgewölbten, an heutige Europäerschädel erinnernden Gehirnkapseln, wie sie bei australischen Wilden ziemlich häufig vorkommen sollen, begegnet in Verbindung mit gewissen niederen Formen des Schädeldaches, insbesondere mit der mächtigen Entwicklung der „Überaugenbrauenbögen". Der Horizontalumriß solcher „neandertaloider" Australierschädel stimmt nach Klaatsch auffällig mit dem des Pithekanthropus überein und man erhält den Eindruck, als sei auf Grundlage der Schädelbasis des letzteren ein höheres Gewölbe aufgeführt. Als „präandertaloid" wäre nach Klaatsch jener gemeinsame Vorfahrenzustand aufzufassen, von dem aus die Entwicklung des fossilen Europäerschädels (Neandertel-Spy) in der einen, des modernen Australierschädels in der anderen Richtung ihren Ausgang genommen hat. Die getrennte Entwicklung von gemeinsamer Basis aus würde auch die zwischen den drei Hauptrassen der heutigen Menschheit, den Negroiden, Mongoloiden und Weißen, bestehenden Verschiedenheiten verständlich machen. Die Übereinstimmung der verschiedenen Varietäten der Gattung „Mensch" ist nämlich, wie von Adachi, Bartels u. a. nachgewiesen wurde, doch nicht so bedeutend, wie man bisher annehmen zu sollen glaubte.

Bekanntlich fehlt den Unterkiefern aus dem älteren Diluvium der für den heutigen Menschen charakteristische Kinnvorsprung. Auf der Grundlage einer eingehenden anatomischen Untersuchung des Unterkiefers gelangte vor mehreren Jahren O. Walkhoff zu der Annahme, daß der Bau und die morphologische Gestaltung des Unterkiefers bei der heutigen Menschheit in innigster Beziehung zur Entwicklung der artikulierten Sprache stehe. Nachdem aber neuerdings F. Weidenreich und C. Toldt nachgewiesen haben, daß die von Walkhoff zum Studium des Kinnbaues benützten Röntgenbilder die tatsächlichen Verhältnisse nicht wiedergeben, ist man von dieser Ansicht zurückgekommen. Es ist aber nicht nur die Unzulänglichkeit dieser Röntgenaufnahmen, sondern auch noch eine Anzahl anderer Tatsachen, die der Walkhoffschen Annahme sich entgegenstellen. Nach dem, was über das Mitteilungsvermögen der Primaten bis jetzt festgestellt wurde, muß es als sehr unwahrscheinlich bezeichnet werden, daß ein Homo alalus, ein Mensch ohne irgend welches Sprachvermögen, jemals existiert hat. Die dritte Stirnwindung des Großhirnes, die Brocasche Windung, die als „Sprachzentrum", d. h. als Organ der Sprache zu betrachten ist, weist schon beim Orang und Schimpanse eine nicht unbeträchtliche Entwicklung auf, und ist auch beim Gorilla als kleine, aber doch deutlich sichtbare Windung zu erkennen. Weiter fehlt es nicht an Beobachtungen, die darauf hindeuten, daß unter den Tönen, wie sie von Menschenaffen hervorgebracht werden, Kehl-, Zungen- und Lippenlaute vertreten sind. Daß auf der Neandertalstufe der menschlichen Entwicklung das Mitteilungsvermögen bereits einen gewissen Grad erreicht hatte, wird auch dadurch wahrscheinlich gemacht, daß in der Krapinaansiedlung rohe Steingeräte, Asche und Holzkohlenreste, alles Anzeichen sozialen Fortschritts, auftreten.

Das menschliche Kinn ist also nicht durch die Ausbildung des Sprechvermögens erzeugt, nicht so, daß zum Affenkiefer der Kinnvorsprung als etwas ganz Neues hinzutrat, sondern vielmehr in der Weise, daß von dem beim altdiluvialen Menschen noch in voller Ausdehnung und gleichmäßiger Dicke vorhandenen Zahnfortsatz des Unterkiefers der obere Teil rudimentär geworden ist und insbesondere in der Richtung von vorn nach hinten sich verkleinert hat; dadurch tritt natürlich die zum Teil noch in ihrem ursprünglichen Umfang erhaltene untere Partie des Unterkiefers in Gestalt des

*) Archiv für Rassen- und Gesellsch.-Biologie, 3. Jahrg. (1906), Heft 1.

**) Prämolaren sind die drei ersten auf den Eckzahn folgenden, schon im Milchgebiß vorhandenen, Molaren die erst später auftretenden vier echten Backenzähne.

Kinnes mehr hervor, als dies bei den Affen, den Anthropoiden und der älteren Menschenform der Fall ist. Die Verringerung der oberen Dicke des Unterkiefers ist eine Folge der Rückbildung der Schneidezähne, namentlich ihrer Wurzellänge, gewesen. Aber die Verkleinerung des Unterkiefer-Zahnrandes war nicht die alleinige Ursache der Kinnbildung. Es ist vielmehr, wie Toldt mit Recht hervorhebt, die Ausbildung der Kopfform überhaupt und namentlich diejenige des vorderen Schädelabschnittes, die der Entstehung des Kinnes beim rezenten Menschen zu Grunde liegt.



Gespenstertier.

Weit tiefer, ja viel zu tief, wie manche Kritiker behaupten, greift bei Untersuchung des Ursprungs des Menschen Dr. C. H. Stratz in seinem Vortrage „Zur Abstammung des Menschen".*) Nach der Darwinschen Theorie von der Entstehung der Arten müßten sich schließlich das Id, wie Weismann den Individualitätenkeim innerhalb der Zelle nennt, und die Determinanten, die im Id eingeschlossenen, den Ausbau des Id zum Individuum bewirkenden Kräfte des gemeinschaftlichen Urahnen bei Affen und Menschen wiederfinden, jedoch vermehrt durch äffische bezw. menschliche Iden und Determinanten späteren Ursprungs (siehe Jahrb. II, S. 172). Beide Stammbäume zurückverfolgend, müssen wir schließlich auf zwei einander sehr ähnliche Brüder kommen, von denen der eine der Urahn sämtlicher Menschen, der andere der Urahn sämtlicher Affen gewesen ist. Der Vater dieser beiden Brüder aber ist der gemeinschaftliche Stammvater der Menschen und Affen. Nach Häckel ist er mehr Affe gewesen. Wie aber, wenn er mehr Mensch und weniger Affe gewesen ist? Wenn nicht die Menschen von den Affen, sondern letztere von den Menschen abstammten?

Um diese Frage zu beantworten, sucht Stratz die Urform der Säugetiere überhaupt zu rekonstruieren, das gemeinschaftliche Urid der Säuger zu entdecken. Diejenige Form, die mit diesem Urid trotz weitestgehender Neuerwerbungen am meisten übereinstimmt, ist die älteste und hat als solche den Stammvater für die jüngeren Formen geliefert. Huxley hat bereits darauf hingewiesen, daß zwischen allen jetzt lebenden, so sehr verschiedenen Säugetieren zahllose Zwischenformen bestanden haben müssen, welche sämtliche Übergänge vermittelten. Diese alle müssen sich gruppenweise auf einfache Urformen zurückführen lassen, aus denen eine Differenzierung nach verschiedenen Richtungen hin erfolgt ist. Einige dieser Sammelbildungen oder collective types Huxleys sind anscheinend noch jetzt in wenig veränderter Form anzutreffen, und zu ihnen gehört nach Huxley der Igel, weil dessen Gebiß eine solche Beschaffenheit zeigt, daß sich aus ihr sämtliche anderen Säugetiergebisse durch Verkümmerung oder stärkere Ausbildung gewisser Zahngruppen ableiten lassen. Auch noch aus einem anderen Grunde verdient der Igel den Namen einer „Sammelbildung"; denn seine Keimanlage, besonders die Bildung der Eihüllen, hat unter allen Säugern so ziemlich die einfachsten Verhältnisse. Das Amnion, der glatte, die Frucht umschließende Sack, besteht bei den meisten Säugetieren aus zwei zusammenwachsenden Falten, während er beim Igel von Anfang an als primäre Höhle vorhanden ist.

Eine andere Sammelbildung ist das merkwürdige und seltene Gespenstertier (Tarsius spectrum), dessen Gebiß ebenso indifferent ist wie das des Igels. Seine Eianlage besitzt zwar nicht das primäre Amnion, aber ein anderes besonderes Merkmal, den primären Haftstiel, eine von Beginn an vorhandene unmittelbare Verbindung zwischen Mutter und Frucht, die bei allen anderen Säugetieren viel verwickelter, daraus abgeleitete Verhältnisse zeigt. Außer Tarsius besitzen diesen Haftstiel nur noch die Primaten unter allen Säugetieren.

Sorgfältige anatomische Untersuchungen ergaben die überraschende Tatsache, daß die Eianlage des Menschen sowohl das primäre Amnion als auch den primären Haftstiel besitzt, ebenso gewisse Affenarten, so daß also in dieser Hinsicht Mensch und Affe dem Urid am nächsten stehen und zu den primitivsten und darum ältesten Bildungen im gesamten Säugetierreich zählen. Was die Zähne betrifft, so hat der Mensch ein ebenso indifferentes Gebiß wie Igel und Gespenstertier, während der Affe sich durch stärkere Ausbildung der Eckzähne mehr dem Raubtiertypus genähert hat. Durch Vereinigung dieser drei primitiven Merkmale nimmt also der Mensch die einfachste und damit älteste Stufe der Sammelbildungen unter den Säugetieren ein. Als weitere primitive Eigenschaft, die dem Menschen insbesondere eigen wäre, führt Dr. Stratz die Bildung der Hände an, die bis auf die Amphibien zurückzuführen ist.

*) Als Broschüre erschienen bei F. Enke, Stuttgart 1906.

„Wir haben somit in den Zähnen, den Händen, der Amnionbildung und dem Haftstiel eine Reihe von schwerwiegenden Gründen, die vermuten lassen, daß nicht nur die Affen, sondern auch sämtliche jetzt lebende Säugetiere jüngerer Abkunft sind als der Mensch.

„Von allen Säugetieren haben aber allerdings die Affen am längsten mit der Entwicklung des Menschen gleichen Schritt gehalten und sich am spätesten von ihm entfernt.

„Wenn aber der Mensch das älteste Säugetier gewesen ist, so hat er auch die längste Zeit zur Verfügung gehabt, um sich in anderer Hinsicht zum vollkommensten aller Säugetiere zu entwickeln; auf Grund dieser Theorie können wir daher zwar die körperlichen und geistigen Eigenschaften der Tiere auf die des Menschen, nicht aber umgekehrt zurückführen. Alle Tiere ähneln dem Menschen in dieser oder jener Hinsicht, der Mensch selbst aber kann nicht diesen abgeleiteten Formen, sondern nur seinen eigenen Vorfahren ähnlich sehen."

Wie aber haben nun diese Vorfahren ausgesehen?

Um ihr Bild zu rekonstruieren, benützt Dr. Stratz drei Beweisstücke: erstens das Häckelsche biogenetische Grundgesetz, nach dem die Entwicklung des Individuums (Ontogenese) eine verkürzte Wiedergabe der Entwicklung der Art (Phylogenese) ist; zweitens die rudimentären Organe, die Rückbildungen und Rückschläge der heutigen Menschheit in frühere Formen, und drittens die Überreste der früheren Menschen und deren Tätigkeit. Das Ergebnis der Untersuchung ist, daß das Urid des Menschen und der Säugetiere überhaupt die folgenden Eigenschaften gehabt haben muß:

Vier gleichlange, in Hände auslaufende Gliedmaßen, einen kurzen, rundlichen Schwanz, spitze, bewegliche, nicht allzu lange Ohren, einen vorstehenden Mund mit stumpfer Schnauze (wegen der stärkeren Bezahnung), viele Brüste und fast nackte oder spärlich behaarte Haut. Es gebar 8 bis 16 Junge zugleich und nährte sich ausschließlich von Pflanzen.

In seinem Äußern muß es ein Mittelding zwischen Molch und Maus gewesen sein, über seine Größe läßt sich nichts Gewisses aussagen.

Aus ähnlichen nackten Molchmäusen müssen die Stammväter sämtlicher höheren Säugetiere durch Verkümmerung der einen und einseitige Ausbildung der anderen Teile hervorgegangen sein. Ursprünglich kaum voneinander zu unterscheiden, entfernten sie sich immer mehr nach der einmal eingeschlagenen Richtung hin.

Wie nun die menschliche Bildung, die eigentümlichste und glücklichste Verbindung primitiver und hochausgebildeter Eigenschaften, aus der Molchmaus sich entwickelt, wird von Dr. Stratz eingehender dargestellt. Millionen von Jahren mögen die Molchmäuse scheinbar ganz gleichwertig miteinander gelebt haben, obwohl schon erste Gruppen für die verschiedenartigen Fortentwicklungen sich gebildet hatten. Für die einseitige Weiterentwicklung des Menschen ist nun das wichtigste Moment die mächtige Ausbildung des Gehirnes und in zweiter Linie der aufrechte Gang. Letzterer ist nach Schwalbe aus statischen Gründen der mächtigen Gehirnentwicklung vorausgegangen und hat diese erst nachträglich veranlaßt, wie er auch die Arme für eine große Zahl neuer Verrichtungen freimachte. Nun ist aber die erste Vorbedingung aufrechten Gehens die Streckung des Rumpfes gegen die Oberschenkel, und diese wird durch die Gesäßmuskeln veranlaßt.


Chirotheriumfährten.

Als älteste Zwischenstufe von Urid und Mensch haben wir deshalb eine Molchmaus anzusehen, die entweder einen größeren Kopf oder ein stärkeres Gesäß als ihre Artgenossen gehabt hat, und als fernere, sicher festgestellte Zwischenstufe tritt die aufrecht gehende Molchmaus mit stärkerem Gesäß und größerem Gehirnschädel auf.

Weitere Um- und Fortbildungen ergaben dann ein auf zwei Beinen gehendes, schwanzloses Geschöpf mit noch größerem Kopfe und mit vier, später zwei Brüsten an der oberen vorderen Rumpffläche.

Auch zahlreiche Tierformen haben die einseitige Richtung nach dem aufrechten Gange und der überwiegenden Gehirnentwicklung eingeschlagen, z. B. die Bären und die Affen. Bei ersteren aber war offenbar die einseitige Entwicklung zum Raubtier schon so weit vorgeschritten, daß die spätere Anpassung an den aufrechten Gang nicht mehr zu menschenähnlicher Bildung führen konnte, beim Affen machten die dem Klettern stärker angepaßten Gliedmaßen, das dem Raubtiergebiß sich nähernde Gebiß die Menschwerdung unmöglich.

Sogar Spuren seiner Molchmaus glaubt Stratz entdeckt zu haben. Da die Kohlenformation noch keine Säugetierreste zeigt, so liegt es nahe, den Säugerahnen zwischen diese Formation und die Trias, also in das Perm zu verlegen. Hier finden sich die bekannten Handtier- oder Chirotheriumfährten, und so hält unser Forscher es für möglich, daß die Chirotherien mit den Molchmäusen identisch sind.

„Wenn man's so hört, möcht's leidlich scheinen" — und wenn wir's abwarten, erleben wir vielleicht auch noch die Auferstehung der Molchmaus aus irgend einer geologischen Schicht; wer weiß!

Lebensrätsel im Pflanzenreich.

(Botanik.)

Bastardbildung und Vererbung. * Ernährung und Regeneration. * Blüte und Frucht.

Bastardbildung und Vererbung.

Das Problem der Vererbung harrt noch immer seiner vollständigen Lösung. Die Tatsache, daß die Organismen Nachkommen hervorbringen, die ihnen in weitgehendem Maße gleichen, drängt schon seit Jahrhunderten zu der Frage, in welcher Weise die Übertragung der Eigenschaften der Elternwesen auf die Kinder stattfinde. In der befruchteten Pflanzen- oder Tiereizelle sind diese Eigenschaften zunächst als Anlagen vorhanden; diese, nicht die Merkmale des Organismus, werden vererbt. Die Anlagen ziehen nach einem Gleichnis Nägelis in jeder Generation und in jedem Individuum ein neues Kleid an, das sie sich selber gestalten.

Wie diese Anlagen von einer Generation auf die andere übertragen werden, und was sich daraus über die Natur der Anlagen selbst ergibt, ist zum Teil durch Experimente gesetzmäßig festgestellt worden. Selbst bei verhältnismäßig einfachen Organismen sind diese beiden Probleme noch sehr verwickelt. Vor ungefähr 150 Jahren stellte Kölreuter den ersten Pflanzenbastard her, indem er zwei Arten des Tabaks (Nicotiana rustica und paniculata) kreuzte. Dieser „erste botanische Maulesel" hielt in seinen Merkmalen genau die Mitte zwischen seinen beiden Stammeltern und ließ sich, je nachdem die Narben mit dem Pollen der einen oder der anderen Stammart belegt wurden, nach drei Generationen in die eine oder die andere Stammpflanze zurückführen. Kölreuters Experimente und die vieler nachfolgender Botaniker schienen zu der Erkenntnis zu führen, daß sich für die Art und Weise, wie die Merkmale der Eltern bei den Nachkommen auftreten, überhaupt keine exakten Gesetze aufstellen lassen. Erst in den letzten Jahrzehnten ist ein Anfang dazu gemacht, und wir kennen jetzt einige Vererbungsgesetze, die uns in zahlreichen Fällen eine Voraussagung dessen, was aus einer bestimmten Befruchtung hervorgehen wird, ermöglichen.

Die Pflanzen eignen sich zur Vornahme derartiger Versuche in hohem Grade, und es ist anzunehmen, daß die hier aufgefundenen Gesetze im allgemeinen auch für die Tierwelt gültig sein werden. Hier wie dort finden wir ja die Fähigkeit des Variierens, die Tatsache, daß die Nachkommen desselben Elternpaares, selbst bei weitgehender Ähnlichkeit, einander nie völlig gleichen. Auch die Ursachen solcher Variationen scheinen die gleichen zu sein, und zwar scheint es sich zumeist um das Auftreten wirklich neuer Eigenschaften, sogenannter Mutationen, bei einzelnen Individuen zu handeln, die dann erblich sind, wie de Vries nachgewiesen hat. Ob auch äußere Einflüsse, namentlich solche in der allerfrühesten Jugend, Abänderungen erblicher Natur herbeiführen können, bleibt nach wie vor fraglich. Ein Unterschied zwischen Tier und Pflanze zeigt sich darin, daß die Bastardierung, d. h. die Vereinigung von Geschlechtszellen verschiedener Arten, in der Tierwelt weit seltener zur Entstehung fortpflanzungsfähiger neuer Arten führt als bei den Pflanzen. Letztere sind sogar im stande, durch bloße Mischung von Säften ausgewachsener Pflanzen Bastarde hervorzubringen. Es sind dies die sogenannten Pfropfhybriden, die aus der Vereinigung zweier Arten derselben Gattung durch Pfropfen hervorgehen. Unter ihnen hat der Goldregenbastard (Cytisus Adami), der die Eigenschaften des gemeinen Goldregens und des purpurblütigen Cytisus purpureus nebeneinander an demselben Strauche zeigt, die Aufmerksamkeit der Botaniker seit langer Zeit in hohem Grade erregt.

Prof. Kerner, einer der Hauptvertreter der Ansicht, daß neue, beständige Arten durch zweiartige Kreuzung (Bastardierung) entstehen können, beschreibt diese Pfropfhybriden folgendermaßen*):

„Man kann sich in der Tat nicht leicht etwas Seltsameres denken als einen Stock dieses Zytisus. Die meisten Blüten desselben stellen einen Mittelschlag dar, dessen Kelche weder so seidenhaarig wie jene des Cytisus Laburnum (gemeinen Goldregens), noch so kahl und glatt wie jene des Cytisus purpureus sind, und deren Blumenkronen eine aus dem Purpur des C. purpureus und dem Gelb des C. Laburnum hervorgegangene schmutzig rosenrote Farbe besitzen. Aber an manchen Blütentrauben finden sich zwischen den schmutzig rosenroten Blüten auch einzelne Blüten mit seidenhaarigem Kelch und den gelben Blumenkronen des Cytisus Laburnum, und, was das merkwürdigste ist, einzelne Blüten, welche zur Hälfte dem C. purpureus, zur Hälfte dem C. Laburnum, oder wo ein Drittel der Blumenblätter dem C. purpureus, zwei Drittel dem C. Laburnum angehören. Ja, noch mehr. Aus demselben Stocke, dessen Blütentrauben der Mehrzahl nach einen genauen Mittelschlag zwischen den beiden Arten darstellen und mehrere Jahre nur mit solchen Blüten in Erscheinung treten, entwickeln sich in einem folgenden Jahre ganz unvermutet Zweige, welche nur Trauben von C. Laburnum, und solche, welche nur reine Blüten des C. purpureus tragen. Nach Angabe Schnittspahns wurde dieser seltsame Zytisus in Vitry bei Paris von dem Pflanzenzüchter Adam durch Okulieren einer Knospe des C. purpureus auf einen Stock das C. Laburnum zu stande gebracht."

Wenn man bedenkt, daß gewöhnlich der Sproß, der sich aus einem eingepfropften Auge entwickelt, die Unterlage benützt wie ein Schmarotzer seine Wirtspflanze, d. h. aus der Unterlage den rohen

*) Pflanzenleben, 2. Aufl., Bd. 2, S. 513.

Nahrungssaft bezieht und „in seiner Weise", d. h. wie den sonst mittels eigener Wurzeln aufgenommenen benützt, so muß das Verhalten dieses Pfropfhybriden sonderbar genug erscheinen. Man hat deshalb neuerdings auch behauptet, daß Cytisus Adami gar kein Pfropfhybride sei, sondern gewöhnlicher Kreuzung der beiden Stammarten mittels Pollens seine Entstehung verdanke.

Sorgfältige anatomische Untersuchungen dieses merkwürdigen Mischlings von seiten R. Lauberts*) haben zu sehr interessanten Ergebnissen geführt. Danach kann auf dem Cytisus Adami der Rückschlag in die reine C. purpureus-Form nur durch sogenannte Knospenvariation aus einem Kurztrieb des ersteren hervorgehen. Ein allmählicher Übergang aus dem anatomischen Bau der einen in den der anderen Art ließ sich nicht beobachten, vielmehr trat innen die Abgrenzung zwischen beiden genau so deutlich hervor wie an der Außenseite der Zweige. Ebenso unvermittelt ist der Übergang zwischen den C. Adami-Ästen und den aus ihnen hervorgehenden gelbblühenden C. Laburnum-Zweigen. Auch diese müssen als das Produkt einer Knospenvariation aus dem Bastard hervorgegangen sein.

Ein anderer Botaniker, Herr Beyerinck, hat festgestellt, daß die Rückschläge von Cytisus Adami nicht selten aus „schlafenden Augen" hervorgehen. Indem er durch starkes Zurückschneiden des Bastards an den normalen Zweigen viele solcher Knospen zum Austreiben zwang, erhielt er zahlreiche Rückschläge. In einigen Fällen zeigten aber die Knospen durch die Behaarung ihrer Schuppen die Natur der im Frühling auftretenden Laburnum-Zweige vorher an. In selteneren Fällen besaß die eine Längshälfte einer Knospe Adami-, die andere Laburnum-Schuppen. Dann entwickelte sich ein Zweig, der seiner ganzen Länge nach aus den durch eine Grenzlinie getrennten beiden Komponenten bestand, aus einer Laburnum- und einer Adami-Hälfte. Im allgemeinen lief in einem solchen „gemischten Zweige" die Grenze zwischen beiden Bestandteilen neben den Blättern vorbei. Doch kam es auch vor, daß sie mitten durch ein Blatt ging, und ein solches „gemischtes Blatt" pflegte auch „gemischte Achselknospen" zu tragen. Diese Mischformen lassen darauf schließen, daß die den Rückschlag bedingende Variation hier nicht in einer einzelnen, sondern in mehreren nebeneinander liegenden Zellen aufgetreten ist.

Diese Beobachtungen, die zunächst vielfach bezweifelt wurden, fanden eine Bestätigung in den Pfropfbastarden von Bronvaux, über die F. Noll jüngst eingehend berichtet hat.**)

Es entstanden in diesem Falle sogar mehrere verschieden gestaltete Pfropfbastarde aus der Vereinigung zweier nahe verwandter Arten, der gemeinen Mispel (Mespilus germanica) und des eingriffeligen Weißdorns (Mespilus oder Crataegus monogyna). Im Dardarschen Garten zu Bronvaux bei Metz steht ein hundertjähriger Mispelbaum, dessen Krone auf einen Weißdornstamm veredelt ist.

*) Naturw. Rundsch., 17. Jahrg., Nr. 8.

**) Sitzungsber. der Niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 1905.

Beide Symbionten (Lebensgefährten) sind reine Arten, nicht, wie wohl behauptet worden ist, schon selbst Bastarde, in welchem Falle die Entstehung von Bastarden an ihnen erklärlicher wäre. Unmittelbar unter dem Pfröpfling, aus der Verbindungsstelle von Edelreis und Unterlage, brachen dicht nebeneinander zwei Ästchen hervor, die zwei verschiedene Zwischenformen von Weißdorn und Mispel darstellten. Der erste Zweig, der bündigen Bezeichnung halber kurzweg „Form Dardari" genannt, nähert sich mehr dem Gesamtaussehen der Mispel, der zweite, „Form Jules d'Asnières", gleicht mehr dem Weißdorn. Dazu gesellte sich ebenfalls an der Pfropfstelle, aber auf der gegenüberliegenden Seite, ein dritter Zweig, der zunächst von gewöhnlichen Weißdornzweigen kaum zu unterscheiden war, später aber in eine der Form Jules d'Asnières sehr ähnliche Form überging. Er unterschied sich von letzterer nur durch frühere Blütezeit und völlige Unfruchtbarkeit. Noll bezeichnet diese Form als „Jouini".

Alle drei Formen sind, da in ihnen die Merkmale der beiden Erzeuger, und zwar in verschiedenem Verhältnis gemischt, erscheinen, typische Bastarde, die mit den bisher bekannten, auf geschlechtlichem Wege durch Bestäubung entstandenen Bastarden von Mispel und Weißdorn nicht übereinstimmen. Sie zeigten nun im weiteren Verlaufe ihrer Entwicklung mancherlei Absonderlichkeiten. Der Dardarizweig brachte im Jahre 1889 einen ganz typischen Mispeltrieb hervor, während ein anderer in demselben Jahre entwickelter kurzer Zweig sich bei etwa 10 Zentimeter Länge teilte und an der einen Hälfte Mispel-, an der anderen Seite reine Weißdornblüten trug. Auch die Stämmchen von Jules d'Asnières und Dardari, die man durch Veredlung dieser Formen auf den Wurzelhals von eingriffeligem Weißdorn gewonnen hatte, zeigten Rückschläge. Als besonders merkwürdig ist zu erwähnen, daß ein fünfjähriges Dardaristämmchen einen üppigen Trieb der Form Jules d'Asnières hervorbrachte.

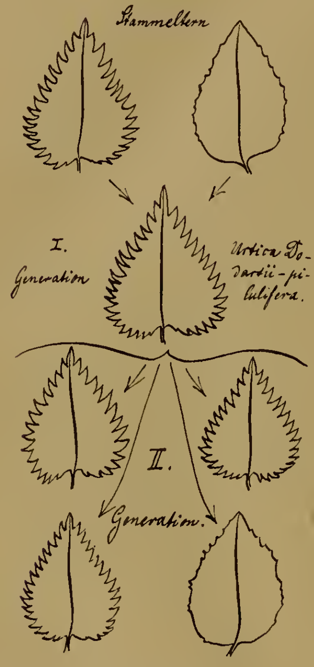
Letztere Form und Dardari, nicht aber die völlig sterile Jouini, setzen Früchte an, die echten Bastardcharakter tragen. Die von Dardari haben noch keinen keimfähigen Samen gebracht, dagegen keimten von etwa 100 ausgesäten Samen des Asnières drei, deren Keimpflanzen bis zum Mai 1905 wie reine Weißdornpflanzen aussahen.

Die Entstehung echter Pfropfbastarde, die im Hinblicke auf die vorstehenden Fälle praktisch gelöst erscheint, läßt sich auf Grund der neueren Untersuchungen über die Wanderungen und Verschmelzungen der Zellkerne teilweise auch theoretisch erklären. Manche Umstände bleiben allerdings vorderhand noch unerklärlich, z. B. die allmähliche Umwandlung der Form Jouini aus einer dem Weißdorn gleichenden in eine der Jules d'Asnières ähnlichen, die bei geschlechtlich entstandenen Bastarden nichts Entsprechendes findet, oder die höchst merkwürdige Entstehung eines Bastardes aus einem anderen (Jules d'Asnières aus Dardari).

Gehen wir an der Hand einer Arbeit Prof. C. Correns' „Über Vererbungsgesetze"*) näher

*) Broschüre, Berlin, Verlag Borntráger, 1905.

auf die Betrachtung der von dem Augustinerpater Gregor Mendel zu Brünn schon 1866 veröffentlichten, damals aber gar nicht beachteten und erst neuerdings wieder hervorgezogenen oder wieder entdeckten Gesetze der Vererbung ein! Prof. Correns bezeichnet hier entgegen dem sonstigen Sprachgebrauche jede Vereinigung zweier Keimzellen, die nicht die gleichen erblichen Anlagen besitzen, als Bastardierung; also, da die Eltern wohl immer eine Anzahl erblich



Zwei Generationen Bastardbildung zwischen Urtica pilulifera und Urtica Dodartii.

fixierter Unterschiede zeigen, ist auch jede geschlechtliche Fortpflanzung nach ihm faktisch wohl stets eine Bastardierung. Was wir zurzeit von der Übertragung der elterlichen Merkmale wissen, beruht auf dem, was uns solche Bastarde zwischen auffällig verschiedenen Eltern lehren.

Mendel stellte seine Versuche im Garten des Königinnenklosters zu Brünn zuerst mit Erbsensorten an, dann mit anderen Pflanzen, von denen viele eine Bestätigung des bei den Erbsen Gefundenen gaben, während andere, vor allem die Habichtskräuter, ein abweichendes Verhalten zeigten. Bei den Versuchen mit Erbsen unterschieden sich die Eltern der Bastarde in der Farbe der Blüten (weiß oder rot), in der Farbe der Keime (grün oder gelb), in der Farbe der Samenschale, in der Beschaffenheit der Früchte, in der Länge der ganzen Pflanze usw. Jeder dieser Punkte wurde besonders studiert.

Wurde ein Bastard hergestellt, dessen Eltern sich nur in einem Punkte unterschieden, so kamen zwei Merkmale in Frage, von jedem Elter eins, z. B. rote Blüten — weiße Blüten, die ein Merkmalpaar bilden. Unterschieden sich die Eltern in zwei Punkten, so kamen vier Merkmale in Betracht, die zwei Paare bildeten, usw. Mendel fand nun bei seinen Versuchen, daß in jedem Merkmalpaare das Merkmal des einen Elters von dem des anderen beim Bastard verdeckt wird, und zwar vollkommen oder fast ganz, so daß z. B. der Bastard zwischen einer rotblühenden und einer weißblühenden Erbse rot blüht und von dem einen Elter, dem rotblühenden, seinem Aussehen nach nicht unterschieden werden kann. Das Merkmal bezw. die Anlage des einen Elters dominiert über dasjenige des anderen Elters, das zurück oder in den Hintergrund tritt (rezessiv ist). Man hat dies die Prävalenzregel genannt. Wenn sich das stammesgeschichtliche Verhältnis der beiden Eltern feststellen läßt, ist fast immer ersichtlich, daß das stammesgeschichtlich (phylogenetisch) höher stehende Merkmal, also die später entstandene jüngere Anlage dominiert. Allerdings kommen auch Fälle vor, wo die eine Anlage nicht oder wenigstens nicht vollkommen über die andere dominiert, der Bastard also eine Mittelstellung einnimmt oder beide Anlagen sich gleich stark äußern. In einem Verwandtschaftskreise kann z. B. die rote über die weiße Blütenfarbe dominieren, im anderen mit ihr ein abgeblaßtes Rot geben. Ja es kommt vor, daß an einem und demselben Individuum die elterlichen Merkmale mehr oder weniger unvermischt nebeneinander, als „Mosaik", auftreten. Tritt aber Mosaikbildung als Regel bei einem Bastard auf, so war sie schon in einem der Eltern, oder in beiden, aktiv oder schlummernd, vorhanden. Über die Ursachen dieses verschiedenartigen Verhaltens gibt es bisher kaum Vermutungen.

Zu dieser ersten, der Prävalenzregel, kommt als zweite die sogenannte Spaltungsregel. Durch seine Versuche wurde Mendel zu dem Schlusse geführt, daß die korrespondierenden Anlagen der Eltern, die sich bei der Entstehung des Bastards vereinigt hatten und während seiner vegetativen Entwicklung vereinigt blieben, schließlich doch wieder auseinandergeführt werden, worauf die einzelne Keimzelle des Bastards entweder die Anlage für das Merkmal des einen oder des anderen Elters enthält, nicht mehr beide, und zwar so, daß in der Hälfte der Keimzellen die eine, in der Hälfte die andere Anlage vertreten ist. Beim Bastard zwischen einer rot- und einer weißblühenden Erbse enthalten also 50% der Pollenkörner und Eizellen die Anlage, rote Blüten hervorzubringen, 50% die Fähigkeit, weiße Blüten zu erzeugen. Das bei der Befruchtung entstandene Anlagenpaar wird also bei der Bildung der Keimzellen wieder in seine zwei Anlagen gespalten.

Diese Spaltungsregel besitzt zwar sehr weite Gültigkeit, aber doch keine ganz allgemeine. Es gibt auch nicht spaltende Merkmale. Dagegen ist ihre Geltung ganz unabhängig davon, ob sich bei

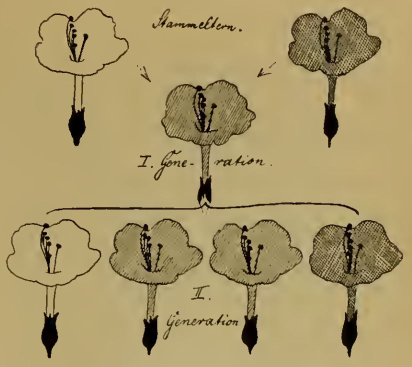
der Bildung des ersten Bastards die Prävalenzregel bewährt hat oder nicht.

Ein drittes Ergebnis Mendels war die vollkommene Unabhängigkeit der Merkmale, in denen sich die Eltern der Bastarde voneinander unterschieden. Jedes Merkmal läßt sich durch Bastardierung infolge des eben besprochenen Spaltens, mit jedem anderen beliebig verknüpfen. Aus der Blütenfarbe der einen Sorte, der Höhe einer zweiten und der Samenfarbe einer dritten läßt sich eine neue Sorte zusammensetzen, die völlig konstant ist. Dieses Gesetz der Selbständigkeit der Merkmale gilt nicht nur für Rassenbastarde, sondern auch für die Bastarde selbst entfernt stehender Arten. Diese Unabhängigkeit der Merkmale läßt einen sicheren Schluß auf die Natur ihrer Anlagen zu: für jedes selbständige Merkmal muß auch eine selbständige Anlage vorhanden sein, die aus dem Zusammenhang mit ihresgleichen gelöst und mit anderen Anlagen kombiniert werden kann. Doch kommt es auch vor, daß Merkmale sich wie eins vererben, „verkoppelt" oder „konjugiert" sind, obwohl für jedes sicher eine eigene Anlage vorhanden ist. So wird bei gewissen Levkojensorten eine bestimmte Blütenfarbe zusammen mit einer bestimmten Beschaffenheit der Blätter — kahl oder behaart — überliefert, während bei anderen Levkojensippen diese Merkmale voneinander unabhängig sind.

An einigen ganz einfachen Beispielen zeigt Prof. Correns das Zusammenwirken der drei Gesetze Mendels, der Prävalenzregel, der Spaltungsregel und des Gesetzes der Selbständigkeit der Merkmale, Gesetze, die der Forschung so wichtig erscheinen, daß man die Fähigkeit der Pflanzen oder Tiere, sich nach ihnen zu richten, als die Fähigkeit des Mendelns bezeichnet und von einem Merkmal feststellt, ob es „mendelt" oder nicht.

Es gibt zwei Brennesseln, von denen die eine (Urtica pilulifera L. im engeren Sinne), die aus Südeuropa stammende, bei uns bisweilen verwildernde pillentragende Nessel, stark gezähnte Blätter, die andere (U. Dodartii), eine Form von ihr, fast ganzrandige Blätter besitzt, während sie sonst völlig gleich sind. Bei der Bastardierung dieser beiden entsteht nun aus der Anlage des einen Elters „gesägter Blattrand" und der des anderen Elters „ganzer Blattrand" ein Anlagepaar, in dem die eine Anlage so vollkommen über die andere dominiert, daß die Bastarde ausnahmslos den gesägten Blattrand des einen Elters zeigen (Prävalenzregel). Dabei ist es ganz gleichgültig, ob der Vater oder die Mutter den gesägten Blattrand besessen hat. — Isoliert man nun die Bastarde und überläßt sie der Selbstbefruchtung, so ist die neue, zweite Generation nicht mehr in sich gleich (homogen), sondern es kommt jetzt durchschnittlich auf drei Individuen mit gesägtem Blattrande eines mit glattem (Spaltungsregel).

Prof. Correns erklärt das folgendermaßen: Bei der Keimzellbildung der ersten Generation spaltet sich das bei der Befruchtung von pilulifera und Dodartii gebildete und bis dahin von Zelle zu Zelle weitergegebene Anlagepaar, und es erhält die eine Hälfte der Pollenkörner und der Eizellen die Anlage für den gesägten, die andere Hälfte die Anlage für den glatten Blattrand. Welche männlichen und weiblichen Keimzellen sich in jedem einzelnen Falle zu der Bildung eines Individuums der zweiten Generation vereinigen, ist nun vollkommen vom Zufall abhängig, und es ist deshalb nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu erwarten, daß durchschnittlich in vier Fällen einmal eine Keimzelle mit der Anlage für den glatten Blattrand mit einer Keimzelle derselben Anlage zusammentrifft; die so entstandenen Individuen müssen natürlich ganzrandige Blätter erhalten. Ebenso groß sind die Chancen für das Zusammenkommen zweier Keimzellen mit den Anlagen für gesägten Blattrand; aus dieser Vereinigung wird deshalb eine Pflanze mit gesägtem Rande hervorgehen. Die Chancen für das Zusammentreffen zweier Keimzellen mit ungleichen Anlagen — gesägt und



Zwei Generationen Bastardbildung zwischen Mirabilis Jalapa alba und rosea. Schematisiert.

ganzrandig — sind doppelt so groß. Aus ihm müssen deshalb durchschnittlich zwei von den vier Nachkommen hervorgehen, und da die eine Anlage über die andere vollkommen dominiert, müssen diese Pflanzen ebenfalls gesägte Blätter erhalten

Auf ein Individuum mit ganzem Blattrande kommen also drei mit gesägtem, die äußerlich vollkommen gleich, aber von doppelter Herkunft sind. Das macht sich bei genügender Isolierung in der dritten und den dann folgenden Generationen bemerkbar. Während das ganzrandige Individuum in der dritten Generation und auch fernerhin nur ganzrandige, das rein entstandene gesägtrandige auch nur gesägtrandige Nachkommen ergibt, müssen die beiden anderen gesägtrandigen Exemplare wieder auf drei gesägtrandige Nachkommen etwa einen ganzrandigen hervorbringen. Sind sie doch nichts anderes als die aufs neue entstandene Bastardform, während das erste gesägtrandige und das ganzrandige Exemplar auch innerlich, ihren Anlagen nach, vollkommen den Eltern entsprechen.

Das Verständnis der Spaltungsregel wird durch das Dominieren des einen Merkmals erschwert; ihre Folgen lassen sich bei den Bastarden, bei denen sich die beiden Merkmale der Eltern zu einem neuen, intermediären (die Mitte haltenden) verknüpfen, viel deutlicher übersehen. Ein Beispiel dafür ist die

Bastardierung zwischen zwei Sippen der Wunderblume (Mirabilis Jalapa).

Die eine dieser Sippen besitzt weiße, die andere rosa Blüten. Die Blüten des Bastards sind hellrosa. Wird diese erste Generation (alba + rosea) der Selbstbefruchtung überlassen, so zeigt die zweite Generation dreierlei Individuen: auf je eines mit den dunkelrosa Blüten des einen und den weißen des anderen Elters kommen zwei, die die hellrosa Blüten der ersten Generation besitzen. Hier sind die zweierlei Individuen der zweiten Generation, die beim Brennesselbastard, infolge des Dominierens, nur an ihrer Nachkommenschaft (dritte Generation) erkannt werden können, infolge der Mittelstellung des Bastards zwischen den Eltern sofort nach ihrem Aussehen auseinanderzuhalten.

Verbindet man nun den Bastard, statt ihn der Selbstbefruchtung zu überlassen, mit einem seiner Eltern, stellt man also einen „rückkehrenden" Bastard dar, so kann zweierlei erfolgen. Nimmt man das rezessive Elter dazu, so erhält man 50% der Nachkommen mit dem rezessiven (unterdrückten) Merkmal, die in Zukunft konstant sind, und 50% der Nachkommen mit dem dominierenden Merkmal, die alle wieder Bastarde sind und spalten werden. Wählt man dagegen zur Kreuzung das dominierende Elter, so zeigen alle Nachkommen das dominierende Merkmal; weiterhin werden aber nur 50% konstant bleiben, die anderen sind Bastarde und spalten wieder. Die Verbindung des Bastards mit einem seiner Eltern ruft also bei dem einzelnen Nachkommen keine Annäherung an dieses Elter hervor, sondern es entsteht entweder der reine Elterntypus oder wieder genau derselbe Bastard wie in der ersten Generation.


Nepenthes am Soputan.

Das dritte Mendelsche Gesetz, das die volle Unabhängigkeit der Merkmale behauptet, hier ebenso an Beispielen zu verfolgen, würde uns zu weit führen. Es sei nur noch bemerkt, daß als die Träger der „mendelnden" Eigenschaften nicht die ganzen Chromosomen*) anzusehen sind, sondern kleinere Teilchen derselben. Enthalten doch die generativen Zellen der Erbse nur sechs Chromosomen, während schon sieben oder acht spaltende Merkmalpaare bei ihr bekannt sind.

*) Chromosomen, d. h. färbbare Körperchen, sind die Elemente des Zellkernes, die sich bei einer Zellteilung ebenfalls teilen, so daß jede Tochterzelle wieder die gleiche Chromosomenzahl wie die Mutterzelle besitzt.

Die experimentelle Vererbungslehre hat den Weg, den Mendel ihr vor 40 Jahren erschlossen hat, erst jetzt betreten; wer weiß, wie weit und wohin er uns führen wird. Die Frage, ob Bastarde nicht nur auf geschlechtlichem, sondern auch auf vegetativem Wege entstehen können, scheint durch die eingangs erwähnten Untersuchungen Nolls in bejahendem Sinne gelöst; ja die Entstehung solcher Pfropfbastarde scheint sich sogar nicht wesentlich von der eines sexuellen Bastards zu unterscheiden. Leider läßt sich nach der Natur eines Merkmals resp. einer Anlage nicht voraussagen, ob es mendelt oder nicht; es kommt darauf an, mit welchem anderen Merkmal es bei der Bastardierung zusammenkommt. Ein instruktives Beispiel dafür liefert die Hautfarbe des Menschen.

Bei den Negern kommen zuweilen Albinos vor, bei denen das dunkle Pigment der Haut nicht ausgebildet ist. Die Nachkommenschaft solcher Albinos mit typischen Negern mendelt, indem sie aus typischen Negern besteht; der Albino ist rezessiv. Dagegen gehen aus der Verbindung von Europäern und Negern, nach allem, was wir wissen, intermediäre (in der Mitte stehende), nicht mendelnde Nachkommen hervor. Der Unterschied kann nicht darin liegen, daß die Verwandtschaft zwischen den Europäern und Negern eine viel geringere ist als zwischen Neger und Neger-Albino; denn es gibt Pflanzenbastarde, wo das Spalten typisch geschieht, gleichgültig, ob wir eine ähnliche abweichende Form, wie in obigem Falle der Albino eine ist, mit der Stammform, die sie hervorgebracht, oder mit einer ganz anderen, ihr sehr wenig verwandten Art verbinden, mit der sie fast unfruchtbare Bastarde bildet. Bei der Verbindung von Neger und Neger-Albino kommt dieselbe (Pigmentierungs-)Anlage zweimal zusammen, einmal im normalen, einmal im abgeänderten, sozusagen krankhaften Zustand (vom Albino stammend). Bei der Vereinigung von Weißem und Neger verbinden sich zwei wirklich verschiedene Anlagen, die für zweierlei Pigmente. Eine Erklärung für dieses verschiedene Verhalten der beiden Merkmalpaare ist erst von der Zukunft zu erwarten.

Ernährung und Regeneration.

Kehren wir von dieser Abschweifung ins Anthropologische zum Pflanzenreich zurück, so treffen wir als erste Sorge der Kinder Floras nächst der Fortpflanzung das Bemühen um eine zusagende und ausreichende Ernährung. Bietet schon eine Umschau in unserer heimischen Pflanzenwelt genug

merkwürdige Formen der Ernährung, so treten dem Tropenreisenden in der Fremde deren noch weit interessantere entgegen. Mit einigen derselben macht uns das kürzlich erschienene Reisewerk der Naturforscher P. und F. Sarasin*) bekannt.

In der Nähe des Vulkankraters Soputan auf Celebes, wo sie ihre Hütte in einem aus Pandaneen und Kasuarinen bestehenden Wäldchen aufgeschlagen hatten, wuchsen massenhaft zwei Nepenthes-(Kannenpflanzen-)Arten, von denen die eine ein niederes Buschwerk überspann, während die andere ihre Kannen senkrecht dem Erdboden aufruhen ließ, so daß sich diese wirklich wie absichtlich aufgestellte Tierfallen präsentierten. Bekanntlich bedienen sich die Nepenthes-Arten der stickstoffhaltigen Substanzen der in ihrem Kannensekret aufgelösten Insekten als Nahrung. Da die Kannen umgebildete Teile der Blattspreite sind, so vertreten bei diesen Pflanzen die Blätter teilweise die Funktion der Wurzeln.

Hier erregte auch ein epiphytisch an schlanken Stämmen wachsender Farn (Polypodium Heracleum) die Aufmerksamkeit durch seine Eigenschaft, sich selbst einen natürlichen Topf mit Erde zu bereiten. Die Basen seiner langen Blätter umfassen nämlich den Baumstamm ganz dicht und bilden so ein Gefäß, in welchem verfaulende Pflanzenteile und Erde, die von Regenwürmern heraufgeschafft wird, einen fruchtbaren Boden bilden. In diesen hinein entsendet der Wurzelstock des Farns dichte Wurzelbärte, um sich zu ernähren.

In den Wäldern von Celebes fällt, besonders unter den Überpflanzen oder Epiphyten, die bis in die Spitzen der Bäume hinein thronen, die große Menge von sukkulenten Pflanzen auf, und sonderbarerweise wachsen oft am selben Stamme mit diesen fettblättrigen Formen die zartesten Pflanzenkreaturen, die sich denken lassen, wie Hautfarne (Hymenophyllazeen) und andere zierliche epiphytische Farne. Dies steht wohl mit dem trockenen Monsun in ursächlicher Verbindung; während dieser Zeit bewahren die sukkulenten Pflanzen, wozu u. a. auch die epiphytischen Orchideen gehören, die ihnen nötige Feuchtigkeit in den durch eine feine Korkhülle gegen die Luft wohl abgeschlossenen Blättern, Stengeln, Knollen und Zwiebeln, während die feinfiedrigen Farne ihr Laub abwerfen oder verwelken lassen und im verborgenen Rhizome (Wurzelstock) ihr Lebendiges bis zur kommenden Regenzeit fristen.

Welche Pflanzen sich in den Tropen dem Epiphytenleben angepaßt haben, sich also hinsichtlich ihrer Ernährung von der mütterlichen Erde völlig emanzipiert haben, würde man im Hinblick auf ihre europäischen Verwandten kaum zu vermuten wagen. Auf einem riesigen Baume entdeckten die Reisenden eine prachtvolle, feuerrot blühende Überpflanze, von der ihnen ein Eingeborener mittels gefährlicher Kletterpartie ein Blütenbüschel herunterholte: es war eine epiphytische neue Alpenrosenart (Rhododendron ignicolor) mit azaleenartig großen Blütenkelchen.

Nicht alle Bäume sind gesonnen, sich diese Bewohnung seitens der kleineren Kletterer gefallen zu lassen. Im Urwald, in dem es von Überpflanzen wimmelt, erregten gewaltig hohe, mastgerade Blaugummibäume (Eukalypten), eigentlich Charakterpflanzen des Australkontinents, die Bewunderung der beiden Naturforscher. Ihre Rinde war ganz glatt, rein und bunt geflammt, da diese Bäume von oben nach unten ihre Borke in Streifen ablösen und so sich von den Epiphyten reinigen, die sich auf ihr festgesetzt haben.

Mit den Ernährungsvorgängen hängt wahrscheinlich auch das von den Reisenden beobachtete Leuchten mancher Pilze zusammen. An faulen Holzstützen ihres Hauses in Tomohon wuchs ein Pilz mit 1 bis $1^1/_2$ Zentimeter im Durchmesser haltenden glockenförmigen Hüten, die nachts so hell leuchteten, daß man die Uhr dabei ablesen konnte. Das prachtvoll grüne Leuchten ging von den Lamellen des Pilzhutes aus, der Stiel selbst leuchtete nicht und erschien von oben gesehen als kleiner, schwarzer Kreis im hellen Felde (Locellina illuminans).



Elefantenfußartige Stelzwurzel eines Pandanus.

Während die Epiphyten auf ihren luftigen Standorten eines der wichtigsten Organe, die Wurzel, nach Möglichkeit einschränken und deren Funktion zum Teil den Blättern übertragen, betrauen andere, auf dem sicheren Boden bleibende Pflanzen ihre Wurzeln außer mit der Aufnahme von Wasser und Nährsalzen noch mit Vorrichtungen, die eigentlich dem Stamme und den Blättern zukommen. So machten unsere Forscher eine merkwürdige Beobachtung an den Pandaneen des Sudaragipfels. Von den vielen Stelzenwurzeln dieser Schraubenpalmen waren meist nur die in der Mitte stehenden festgewachsen; die in weiterem Umkreise stehenden aber hatten infolge des beständigen Windes keinen Halt in der Erde gewinnen können und sich statt dessen zu breiten, elefantenfußartigen Gebilden mit schwieliger Sohle umgestaltet. Diese Pandanusfüße hatten in den Boden breite Teller ausgetreten; bei jedem Windstoße hoben sich die der einen Seite aus ihren Pfannen, während die entgegengesetzten sich fest auf

*) Reisen in Celebes, 2 Bde., Wiesbaden 1905.



Riesenfikus am Totasifluß.

Wurzelstockes im lebensfeindlichen Brackwassermorast, der da und dort einen Geruch nach Schwefelwasserstoff verbreitete. Die Mangroven sind übrigens nicht die einzigen Gewächse, die sich solcher Wurzelatmung erfreuen. Auch andere Sumpfbäume, z. B. die im südlichen Nordamerika heimischen Taxodien oder Sumpfzypressen, besitzen derartige Organe.

Die Hauptfunktion der Pflanzenwurzeln ist und bleibt neben der Befestigung des Stammes im Boden die Aufnahme der nötigen Flüssigkeiten und Nährsalze, welche letzteren ihnen zumeist vom Bodenwasser zugeführt werden. Doch kann die Wurzel in vielen Fällen auch selbsttätig für die Zubereitung und Lösung dieser im Boden enthaltenen Nahrungsstoffe arbeiten, und zwar tut sie das durch Absonderung gewisser Säuren. Früher hielt man diese Sekrete der Pflanzenwurzel für vom Stoffwechsel herrührende Abfallprodukte, für eine Art von „Pflanzenkot", eine Ansicht, die freilich bald widerlegt wurde, da gerade die betreffenden Säuren für den Haushalt der Pflanze von großem Werte sind. Hinsichtlich ihres Zweckes aber blieb man noch lange auf Vermutungen angewiesen. Kürzlich hat nun G. Kunze durch umfangreiche Versuche die Bedeutung dieser Säureausscheidungen bei Wurzeln und Pilzhyphen festzustellen versucht, und seine Ergebnisse sollen uns hier beschäftigen.*)

die Erde senkten und so als mechanische Stützen des Baumes wirkten. Ein lächerlicher Gedanke, daß in Celebes einem sogar die Bäume auf die Zehen treten können! An einem Baume waren elf feste und zwölf freie Stelzen zu zählen.

Ein Gegenstück zu diesen merkwürdigen Stützen bilden die Stützpfeiler, welche die riesigen Feigenbäume entwickeln, um sich aufrecht zu erhalten; ein Riesenfikus, und zwar ein „zweibeiniger", lastete auf einem Säulengerüst von 40 Meter Umfang, einem wahren Wasserfall von Strebepfeilern. Man findet sie besonders in den Urwäldern am Absturz der Gebirge, in einem Vegetationsgürtel, den man hier, wie auch in Vorderindien, „Riesenfikuszone" nennen könnte. Wahrscheinlich sind solche Stützen auf diesem Terrain besonders notwendig.

Am Strande von Celebes ließ sich die Ausbildung der Wurzeln zu Atmungsorganen beobachten. Die Reisenden gelangten in einen Hain von großen Mangrovenbäumen, die zunächst angenehmen Schatten spendeten. Aus dem Wurzelnetze dieser Rizophorenbäume erheben sich, zahllos über den Boden verteilt, senkrecht nach oben wachsende Sprosse, kegelförmige Holzzapfen darstellend. Es sind pflanzliche Lungen, die Atmungsorgane des

Der chemische Bestand dieser Sekrete ist schon durch Untersuchungen früherer Forscher, namentlich Czapeks, festgestellt, und Kunze hat in dieser Hinsicht kaum neues gefunden. Ihr für die Ernährungsphysiologie wichtigster Bestandteil ist nach ihnen Kohlensäure, ferner Kali, Magnesium und Phosphorsäure, auch Ameisensäure.

Nun üben freilich selbst solche Pflanzenwurzeln, die sich durch lebhafte Säureabgabe auszeichnen, z. B. Keimlinge der Gartenbalsamine und des Buchweizens, auf polierten Platten oder Spaltungsstücken der wichtigsten gesteinbildenden Mineralien fast gar keine Wirkung aus. Da ferner auch zerkleinerte und zerpulverte unverwitterte Mineralien von dem Sekret fast gar nicht angegriffen wurden und die auf solchem Gesteinspulver gezogenen Pflanzen sich fast gar nicht entwickelten, so hält Prof. Kunze es für

*) Jahrbücher f. wiss. Bot., Bd. 42 (1906), Heft 3.

sicher festgestellt, daß die höheren Pflanzen nicht im stande sind, unverwittertem Gestein die nötigen Nährsalze zu entnehmen. Aber das wird auch in den meisten Fällen nicht nötig sein, da ihnen der Boden genug durch Verwitterung angegriffene Teilchen bietet, auf welche die Wurzelsekrete zu wirken vermögen. Und in diesem Falle erweisen sie sich als sehr nützlich.

Ist nun auch die ernährungsphysiologische Bedeutung der sauren Wurzelsekrete durch eine ganze Anzahl von Beobachtungen wahrscheinlich gemacht, so ist es doch auffallend, daß die Zahl der Pflanzen, die keine Wurzelsäure produzieren oder wenigstens nicht in solcher Menge absondern, daß sie sich nach bekannter Methode durch Lackmusfarbstoff nachweisen ließe, eine so große ist. Für alle diese Gewächse, z. B. unsere Nadelhölzer, die meisten Gräser (ausgenommen Hirse, Mais, Hafer, Gerste) sowie zahlreiche Dikotyledonen, müßte man also annehmen, daß sie ihren Nährsalzbedarf aus den im Boden kreisenden Lösungen zu decken vermöchten, oder daß für sie die Kohlensäure als aufschließendes Mittel genügt. Da das beides nachweislich so gut wie ausgeschlossen ist, so vermutet Kunze, daß die höheren Pflanzen in ihrem Nährsalzerwerb noch durch andere Faktoren, die eine stärkere Wirkung zu entfalten vermögen, unterstützt werden.

Nun zeigen die Hyphen, die im Boden wuchernden Gewebestränge mancher Pilze (Penicillium glaucum, der Pinselschimmel, Mucor Mucedo, Mucor stolonifera und andere), eine bedeutend größere chemische Einwirkung auf verwitterte, ja sogar auf frische, polierte Mineralien. Es findet bei ihnen eine sehr reichliche Abgabe von Säuren statt, besonders von Oxalsäure, und diese werden den Bodenmineralien gegenüber eine kräftige zersetzende Wirkung ausüben. Die Mehrzahl der bei Pilzen vorkommenden Säuren, Apfelsäure, Wein-, Ameisen-, Milch-, Bernstein-, Zitronensäure, findet sich meistens auch im Humus, und es liegt die Vermutung nahe, daß sie dort der Pilzwirkung ihre Entstehung verdanken. Aus dieser kräftigen bodenzersetzenden Wirkung der Pilze ziehen die höheren Pflanzen wahrscheinlich Nutzen, indem sie mit Hilfe der Wurzelverpilzung, der Mykorrhiza, arbeiten, sei es, daß die Gemeinschaft eine enge und der Pilz im Wurzelgewebe seßhaft ist, von wo er seine Hyphenäste nach außen sendet, sei es, daß ektotrophe Mykorrhiza, Ansiedlung des Pilzes auf der Wurzeloberfläche vorliegt (siehe auch Jahrb. I, S. 175). Dazu kommt, daß die Pilze infolge ihrer stärkeren Reizbarkeit gegen chemische Stoffe besser als die höheren Pflanzen im stande sind, die nährsalzreichsten Bodenstellen aufzusuchen. Für die letzteren wird es dann natürlich darauf ankommen, ihr Wurzelsystem in möglichster Nähe des Pilzes auszubreiten, und diese Möglichkeit bietet ihnen in vollendetster Form die Mykorrhiza.

Wenden wir uns nun von den Wurzeln zu den sichtbaren Ernährungsorganen der Pflanze, den Blättern!

Unter dem Titel „Beobachtungen an isolierten Blättern" hat Dr. E. Riehm eine Anzahl interessanter Tatsachen über Regeneration und Wachstum vom Stamme getrennter Blätter veröffentlicht.*)

Von den merkwürdigen Regenerationserscheinungen am Wiesenschaumkraut hat J. S. Naumburg schon im Jahre 1799 berichtet; er hatte eine Pflanze dieser Art getroffen, deren Wurzelblätter an verschiedenen Stellen Knospen getrieben hatten, welche Wurzel schlugen und nun eigene Pflanzen bildeten. Man hat seitdem diese Knospenbildung vielfach auch bei anderen Blattarten entdeckt und benützt sie für manche Pflanzen, z. B. die Begonien, längst als billiges und bequemes Vermehrungsmittel. Die Neubildungen treten über den Gefäßbündeln des Blattes, häufig aber nicht immer an einer Gabelungsstelle der gewöhnlich als „Blattadern" bezeichneten Gefäße auf. Den Anstoß zu solchen Neubildungen am Blatte scheint eine Änderung in der Leitung der organischen Baustoffe zu geben, nicht immer, wie man zeitweise annahm, die Stauung organischer Substanzen.

Der Ort solcher Neubildungen auf Blättern ist ziemlich unbeschränkt. Um zu sehen, ob nur Zellen an größeren Gefäßbündeln im stande wären, Knospen zu bilden, zerschnitt Riehm ein etwa 6 Quadratzentimeter großes Blatt in Stückchen, die 1/2 bis 1/4 Quadratzentimeter groß waren, und kultivierte sie bei 25° auf feuchtem Sande. Auf neun dieser Stücke entwickelte sich Sprosse und Wurzeln und auf fünf anderen zeigten sich wenigstens die ersten Anlagen eines Sprosses in Gestalt kleiner Höcker. Bei einem anderen Versuche wurde nur der etwa 3 Millimeter breite Rand des Blattes kultiviert. Auch auf diesem schmalen Rande bildeten sich einige kleine Knospen, so daß man berechtigt ist zu sagen, daß die Neubildungen überall auf der Blattfläche auftreten können, allerdings immer nur über den Gefäßbündeln.

Die Knospen bilden sich in vielen Fällen aus den als meristematische Zellen bezeichneten protoplasmareichen Zellgruppen, in anderen Fällen aber auch aus dem Dauergewebe der Blattspreite.**) Zuerst entstehen aus der Knospe mehrere Wurzeln, sehr bald folgen diesen die ersten kleinen Blätter. So ist die Reihenfolge im Freien; das Pflanzengewebe versteht sich aber veränderten Bedingungen anzupassen. Untersucht man die Blättchen von Pflanzen, die in einem feuchten warmen Gewächshause in guter Erde kultiviert sind, so sieht man, daß sich zuerst regelmäßig ein Blättchen entwickelt, ehe die erste Wurzel gebildet wird. In verschiedenen Nähr- und Salzlösungen entwickelten sich zuerst stets die Sprosse, danach die Wurzeln, und zwar war die Wurzelbildung stets um so stärker, je schwächer die Konzentration der Nährlösung war. Licht und Temperatur hatten keinen nennenswerten Einfluß auf die Regenerationserscheinungen.

Legt man das unverletzte Blatt auf feuchten Sand, so entsteht das neue Pflänzchen an der Basis des Blattes. Trennt man diese ab, so bilden sich

*) Zeitschr. f. Naturwissenschaften (Stuttg.), Bd. 77, Heft 3/5 (1905).

**) Meristematische Zellen sind noch der Teilung fähig und bilden das Gewebe des Vegetationspunktes, des Bildungsherdes neuer Organe. Das Dauergewebe hat mit dem Wachstum abgeschlossen, seine Zellen teilen sich nicht mehr.

die Knospen auf der Blattspreite. Solange also die Knospe am Blattgrunde sich ungestört entwickelt, bildet sie den Anziehungspunkt für die Baustoffe; wird ihre Entwicklung gehemmt, so werden die Baustoffe frei und infolgedessen treten Neubildungen auf der Spreite auf.

Aber die isolierten Blätter mancher Pflanzen können nicht nur neue Knospen bilden, sie vermögen auch zum Teil selbst zu wachsen und bieten uns dadurch ein Mittel, ein vereinzeltes Organ unabhängig von den mannigfachen Einwirkungen der übrigen Organe zu beobachten. Sehr geeignet zu Versuchen über das Wachstum isolierter Organe sind die Zuckerrübenblätter (Beta vulgaris), die man so in überdeckte Glasgefäße stellt, daß ihr Stiel in Wasser taucht, die Spreite sich in feuchter Luft befindet. Versuche mit ihnen sowie mit den Blättern einer Anzahl anderer Pflanzen, z. B. der Zwiebel, eines Ampfers, des Hirtentäschelkrautes, der Kastanie, des Löwenzahnes, des Kerbels u. a., ergaben ein teilweise beträchtliches Wachstum der isolierten Blätter. Sie assimilieren dabei noch, d. h. sie nehmen die Kohlensäure der Luft in sich auf und bilden Stärke. Bald aber läßt ihr Wachstum nach, wohl weil die Wechselwirkung (Korrelation), die zwischen dem Blatte und den übrigen Organen der Pflanze bestanden hat, völlig aufgehoben ist. Äußeren Reizen gegenüber verhalten sich die isolierten Blätter ähnlich wie die normal gehaltenen, einige, z. B. die der Liliazeen und der Zuckerrübe, wachsen merkwürdigerweise im Dunkeln stärker als unter Beleuchtung. Wenn das Wachsen aufgehört hat, so ist es manchmal noch möglich, es durch Abschneiden des untersten Stielendes, der zum Teil Wundkork gebildet hatte, wieder anzuregen; jedoch war das neue Wachstum immer nur unbedeutend. Merkwürdigerweise lassen sich auch im Zusammenhange mit der Mutterpflanze „ausgewachsene" Blätter, abgeschnitten und in Wasser gestellt, zu neuem Wachsen bewegen. Diese Erscheinung ist, wie Riehm betont, theoretisch von großem Interesse, sie zeigt nämlich, daß die Blätter einer Pflanze nicht aufhören zu wachsen, weil ihre Zellen nicht mehr wachstumsfähig sind, sondern weil sich die inneren Bedingungen in der Pflanze geändert haben. Sobald man dem Blatte die geeigneten äußeren Bedingungen bietet, setzt es sein Wachstum fort. Es wäre also vielleicht möglich, durch die richtige Verknüpfung der äußeren Bedingungen das Blatt zu einem unbegrenzt wachsenden Organ zu machen. Allerdings beruht nach anderer Vermutung das Wachstum „ausgewachsener" Blätter nicht auf einer Vermehrung der Zellen, sondern nur auf einer Vergrößerung derselben.

Allgemeine Regenerationsprobleme hat auch Prof. Dr. K. Goebel auf dem internationalen Botanikerkongresse zu Wien in spannender und weit ausschauender Weise behandelt.*) Er betrachtet zuerst die Frage, ob alle protoplasmahaltigen Zellen eines Pflanzenkörpers gleich regenerationsfähig sind oder nicht.

Diese Frage ist von großer Bedeutung; denn anders ausgedrückt lautet sie: Wie geht eigentlich die Entwicklung von der Eizelle oder Spore aus vor sich? Sind die durch Teilung entstandenen Zellen untereinander ursprünglich gleichartig, deshalb ebenso wie die Keimzelle im stande, den ganzen Organismus hervorzubringen, und nur durch ihre Beziehungen zu anderen Zellen und zur Außenwelt in bestimmter Richtung, aber nicht dauernd beeinflußt bezw. umgewandelt — oder werden die einzelnen Zellen im Laufe der Entwicklung ungleichartig und erhalten von vornherein einen besonderen Stempel aufgedrückt, der sie ein- für allemal voneinander verschieden erscheinen läßt? Das Ergebnis der bisherigen Beobachtungen scheint zu sein, daß das Erneuerungsvermögen der Zellen um so größer ist, je weniger scharf die Arbeitsteilung zwischen den einzelnen Zellenformen durchgeführt ist. Selbst bei denjenigen Pflanzen, bei denen im Zusammenhange mit der weniger scharfen Arbeitsteilung zwischen den einzelnen Zellen die Mehrzahl der Zellen die Regenerationsfähigkeit beibehalten hat, finden sich doch einzelne zu bestimmten Leistungen angepaßte, welche diese Fähigkeit verlieren. Worauf dieser Verlust beruht, können wir jetzt noch nicht angeben; wir können es einer Zelle nicht einmal direkt ansehen, ob sie regenerationsfähig ist oder nicht.

Der Pflanzenkörper unterscheidet sich unter anderem dadurch wesentlich vom Tierkörper — vorausgesetzt, daß wir beiderseits verhältnismäßig hoch gegliederte Formen ins Auge fassen — daß er meist sehr zahlreiche Stellen enthält, welche noch embryonalen Charakter besitzen, d. h. aus Zellen bestehen, die sich durch ihre Teilungsfähigkeit und ihren reichen Plasmagehalt auszeichnen, daher besonders regenerationsfähig sind: es sind dies einerseits die Vegetationspunkte, die Stellen, an denen sich das Weiterwachsen der Pflanze vollzieht, anderseits Stellen, die man zwar nicht als Vegetationspunkte bezeichnen kann, die aber weniger einseitig festgelegt (differenziert) sind als andere, also sozusagen embryonale Stellen zweiter und dritter Ordnung. Diese embryonal gebliebenen Stellen sind es, die auf Verletzungen am raschesten durch Neubildungen reagieren. Das Vorhandensein des embryonalen Gewebes verhindert nicht nur das Auftreten von Neubildungen an anderen Stellen, sondern versetzt wahrscheinlich auch die Dauerzellen in einen Zustand, der sie zu Neubildungen unfähig macht, indem es, wie Noll sich mit Recht ausdrückt, gewissermaßen auf Kosten des Dauergewebes lebt und diesem Stoffe entzieht, welche den Verlust der Entwicklungsfähigkeit, sei es zeitweilig, sei es für immer, zur Folge haben.

Unter den Reizen, welche die Regeneration hervorrufen, fällt zuerst bei Entfernung eines Teilstückes von der ganzen Pflanze zweierlei ins Auge: erstens die Verwundung als solche und dann die Unterbrechung des Zusammenhanges mit anderen Organen.

Daß schon die Verwundung allein Veranlassung zu Neubildungen geben kann, zeigen ja die Erscheinungen der Vernarbung. Daß vielfach aber nicht die Verwundung an sich, sondern die Aufhebung des Zusammenhanges mit anderen Organen das Ausschlaggebende ist, ließ sich für eine Anzahl von

*) Flora, Bd. 95, Heft 2.

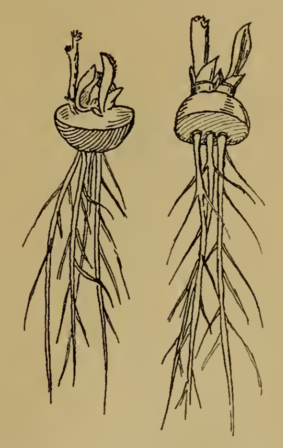
Fällen deutlich feststellen. So lassen sich z. B. auf den Blättern der Begonia Rex und der Utricularia (Wasserschlauch) Adventivsprosse ohne Trennung vom Stocke auch dadurch erzeugen, daß man sämtliche Sproßvegetationspunkte entfernt; worauf offenbar in den Blättern eine solche Häufung von — sonst in den Vegetationspunkten verbrauchten — Baustoffen eintritt, daß sie zur Sproßbildung schreiten. Es ist schwer, die einzelnen Faktoren dabei auseinanderzuhalten, zumal die, welche die erste Anlegung bedingen, offenbar oft von denen verschieden sind, die eine Weiterentwicklung dieser Anlage hervorrufen. Eine solche Weiterentwicklung kann bei den Blattknospen des Wiesenschaumkrautes, bei den Wurzelanlagen an den Weidenzweigen schon durch reichliche Wasserzufuhr ausgelöst werden, während bei anderen Blättern und Sprossen die Wasserzufuhr nicht genügt, weil die inneren Bedingungen für die Anlage fehlen. Es ist ferner zur Hervorrufung von korrelativ, d. h. durch Beziehung zu anderen Organen bedingten Regenerationserscheinungen gar nicht nötig, letztere Organe zu entfernen; man braucht sie nur in Untätigkeit zu versetzen, um dasselbe Ergebnis zu erzielen. Es erzeugt z. B. der Blattstiel des Alpenveilchens, wenn das Blatt abgeschnitten wird, als Ersatz der verlorengegangenen Blattspreite spreitenförmige Auswüchse; das tut er aber auch, wenn man das Primarblatt durch Eingipsung zur Untätigkeit verurteilt.

Die Beschaffenheit oder **Qualität der Neubildung** hängt von dem Zustand ab, in dem sich der zur Regeneration schreitende Pflanzenteil befindet. Blattstecklinge der Samenpflanze Achimenes, welche zu Beginn der Wachstumsperiode gemacht werden, bilden beblätterte Adventivsprosse, die nach einiger Zeit zur Blütenbildung schreiten. Nimmt man aber Blätter von Pflanzen, die am Ende ihrer Vegetationsperiode stehen, so bilden sich die Adventivsprosse nicht sofort zu neuen Pflänzchen, sondern zu den für die Pflanze eigentümlichen Zwiebelsprossen aus, die der Überwinterung dienen, wobei es nicht an Übergangsformen zu den Laubsprossen fehlt. Merkwürdig und von besonderem Interesse ist es, daß solche Adventivsprosse auch Blätter hervorbringen können, die auf die einfache Gestalt der Keimblätter herabsinken, denen man ja neuerdings einmal wieder die Blattnatur hat absprechen wollen. Die Adventivsprosse bei Sassafras officinalis z. B. wiederholen die Formen der Keimblätter (Kotyledonen) so vollständig, daß es schwer hält, die beiden voneinander zu unterscheiden.

Prof. **Goebel** behandelt schließlich die Erscheinung, die man als **Polarität** bezeichnet hat, und die sich darin ausspricht, daß bei Sproßstecklingen am apikalen (Scheitel-)Ende die Sproßbildung, am basalen Ende die Wurzelbildung gefördert ist, während sich Wurzelstecklinge umgekehrt verhalten, an Blättern aber in den typischen Fällen überhaupt keine Polarität auftritt, sondern sowohl Wurzel- wie auch Sproßbildungen am basalen Ende auftreten, sofern sie überhaupt möglich sind. Am Sproß wie bei der Wurzel kann dieselbe Gewebsregion, je nachdem sie oben oder unten liegt, Spitze oder Basis werden. So läßt sich z. B. beim Lerchensporn (Corydalis) in derselben Schnittfläche der Knolle einmal ein Sproß, ein anderes Mal eine Wurzel hervorrufen.

Die Polarität scheint schon in der Keimzelle, und zwar hauptsächlich durch die Lage, bestimmt zu werden. Ob diese einmal eingepflanzte Polarität eine dauernde ist oder nicht, und wie sie die bei der Regeneration auftretenden Erscheinungen bedingt, zeigt Prof. **Goebel** in längerer Untersuchung, auf der wir ihm hier nicht weiter folgen können. Statt dessen seien noch seine allgemeinen Schlußbetrachtungen angedeutet.

Die Regenerationserscheinungen sind auch vom Zweckmäßigkeitsstandpunkte aufgefaßt worden, als vorteilhafte, im Kampfe ums Dasein erworbene oder befestigte Strebungen. Ohne Zweifel sind sie vielfach von Vorteil für die Pflanze. Aber man kann nicht sagen, daß gerade die Teile, welche am leichtesten beschädigt werden, durch ein besonders großes Regenerationsvermögen sich auszeichnen. Vielfach ist eine Regenerationsfähigkeit auch da vorhanden, wo sie der Pflanze wenig oder gar nichts nützen kann. Derartige Fähigkeiten können also nicht durch natürliche Zuchtwahl erworben sein, sie sind in der Organisation der betreffenden Pflanzen begründet.



Regeneration an durchschnittenen Knollen des Lerchensporn.

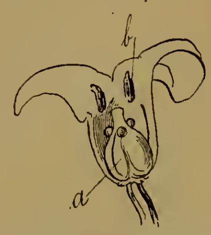
Hier wie überall haben die teleologischen, auf Zweckmäßigkeit ausgehenden Erwägungen zurückzutreten hinter den kausalen, die Ursachen erforschenden. Dabei wird man, wie auf vielen anderen Gebieten, über vorläufige Orientierungsversuche nicht hinausgelangen. Viel wichtiger als Theorien aufzustellen, die nach **Goethes** Worten gewöhnlich Übereilungen eines ungeduldigen Verstandes sind, der die Phänomene gern los sein möchte und an ihrer Stelle deswegen Bilder, Begriffe, ja oft nur Worte einschiebt, viel wichtiger wird es sein, den „Phänomenen" mit besseren Untersuchungsmethoden, als sie bisher angewandt wurden, nachzugehen und über die Leichen der alten Theorien hinweg zu solchen zu gelangen, die es ermöglichen, die Sturm-

leitern an den Mauern der Burg, in welcher die Rätsel des Lebens unserer Wißbegier zu spotten scheinen, langsam aber stetig weiter emporzuschieben.

Blüte und Frucht.

„Blütenbiologische Studien sind immer noch sehr lohnend, obwohl gerade über dieses Thema schon Bibliotheken ausgeschrieben worden sind. Man mag das Leben anpacken, wo man will, es ist immer interessant und unausschöpfbar."

Mit diesen Worten leitet Dr. Rob. Stäger eine Reihe von Mitteilungen über Bestäubung und Befruchtung ein, die zeigen, daß selbst in der einheimischen Flora der Stoff zu Beobachtungen durchaus noch nicht erschöpft ist.*) Er hofft damit nicht nur dem Laien in der Botanik einen Einblick in die Blütenbiologie zu verschaffen, sondern auch dem Fachmann einiges Neue zu bieten.



Hyazinthenblüte nach Wegnahme von $^2/_3$ des Perigons, a Fruchtknoten mit Honigtröpfchen, b Staubblätter

An der Hyazinthe hatte schon Sprengel am oberen Teile des Fruchtknotens in drei mit den übrigen Verwachsungsrinnen der Fruchtblätter abwechselnd stehenden Rinnen Honig in Form stark lichtbrechender Tröpfchen gesehen. Der große Blütenbiolog Herm. Müller bestritt dieses Vorkommen entschieden und machte den saftreichen Grund der Perigonwandung zum Nektarbehälter, der nach seiner Ansicht von langrüsseligen Insekten angebohrt würde. Dr. Stäger zeigt, daß die Beobachtung Sprengels durchaus richtig gewesen ist, und ich kann das nur bestätigen, nachdem ich diese Honigtröpfchen an zahlreichen Hyazinthenblüten im Zimmer wiederholt gesehen und gezeichnet habe.

Über das Blütenleben der purpurroten Fetthenne (Sedum purpureum, Link) macht Dr. Stäger folgende Angaben: Als sich die Blüten am 12. August zu öffnen begannen, ragten schon einige reife Staubgefäße aus den halbgeöffneten Kronen hervor. Am folgenden Tage, morgens 10 Uhr, haben sich die Blüten ganz entfaltet, der äußere Staubblattkreis mit reifen geöffneten Antheren (Staubbeuteln) spreizt stark zwischen den Blumenblättern nach außen. Abends 7 Uhr folgt der innere Staubblattkreis ebenso. Die Narben sind noch nicht reif, ebensowenig wie am 14., an welchem die ganze Dolde scheinbar blüht; in Wirklichkeit sitzen aber unterhalb der aufgegangenen Blüten noch zahlreiche jüngere Knospen. Am 15. August, abends 7 Uhr, sind die zuerst aufgegangenen Blüten in die Tiefe gerückt, ihre Kronblätter haben sich ganz zurückgeschlagen und sind unscheinbar geworden. Die jüngeren Blüten drängen sich an ihre Stelle, so daß nur noch die Narben der älteren, die erst jetzt zu reifen beginnen, zwischen der jüngeren Blütengeneration hervorragen. Die ebenfalls reifen Antheren der jüngeren Blüten greifen nun über die Narben der alten weg und befruchten sie. Die Frische der Narben der alten Blüten erhält sich, nachdem ihre Blumenblätter und Staubgefäße ganz geschrumpft sind, noch drei Tage.

Die Blüte des Sedum purpureum erweist sich also als protandrisch (d. h. die Staubblätter reifen zuerst, und erst, wenn sie völlig abgeblüht, öffnen sich die Narben). Freiwillige Selbstbestäubung ist also völlig ausgeschlossen; die Blüten sind auf Fremdbestäubung durch Insektenhilfe angewiesen. Wie aber, wenn diese ausbleibt? Dann tritt der interessante Fall der Geitonogamie (Nachbarbestäubung) ein, indem sich jüngere pollenbedeckte Antheren an reife Narben von Nachbarblüten anschmiegen. Damit ist auch das etagenweise Blühen der Pflanze erklärt; denn damit Geitonogamie stattfinden könne, müssen ältere neben jüngeren Blüten zu stehen kommen und die jüngeren etwas über die älteren emporragen, damit die Antheren ihren Pollen auf die Narben der Nachbarblüten entleeren können.

Bei der Hauswurz (Sempervivum tectorum), die Dr. Stäger 1700 Meter über dem Meere im Üschinental (Berner Oberland) in fußhohen Exemplaren beobachtete, ist zunächst durch Protandrie die Fremdbestäubung gesichert, falls Insekten kommen und den Pollen abholen. Später aber ist auch Autogamie (Selbstbefruchtung) möglich, indem die Griffel sich so stark auseinanderspreizen, daß sie die noch mit Pollen bedeckten Antheren direkt berühren. In einem etwas früheren Stadium, wenn die Narben zwar reif sind, aber auf 1 Millimeter die Antheren nicht berühren, helfen die frisch aufbrechenden Nachbarblüten, indem sie mit ihren bewimperten Blumenblättern über die älteren Blüten hinübergreifen und dabei deren Pollen auf die reifen Narben schieben (passive Selbstbestäubung).

Der Hanf (Cannabis sativa), bekanntlich eine auf Windbestäubung angewiesene (anemophile) Pflanze, kann bei windstillem Wetter doch auch die Hilfe der Insekten brauchen. Beim Herumkrabbeln solcher (z. B. Melanostoma mellina) an den Blütenständen entließen die leicht erschütterten männlichen Blüten beständig kleinere oder größere Pollenwölkchen, die auf die Narben weiblicher Stöcke gelangten. Es ist fraglich, was die Insekten zu den völlig honiglosen Blüten zieht, aber tatsächlich tragen sie durch ihre leichten Erschütterungen der männlichen Blüten bei Ausbleiben des Windes viel zur Bestäubung bei. Bei windigem Wetter bleiben sie fern.

Beim Rizinus (Ricinus communis) befinden sich am Grunde der männlichen und weiblichen Blütenstände extraflorale (außerhalb der Blüten gelegene) Nektarien. Hier beobachtete Dr. Stä-

*) Natur und Offenbarung, Bd. 52., Heft 8.

ger im September 1905 eine Honigbiene, die sehr ausdauernd diese Honigdrüsen ausbeutete. Auch Ameisen und Melanostoma finden sich ein und klettern mit Mühe an den mit Wachs überzogenen Stengeln herum. Durch die Erschütterungen der Insekten an den Antheren entleeren diese plötzlich explosionsartig ihren Pollen und arbeiten so bei ruhiger Luft in gleichem Sinne wie beim Hanf.

Die leuchtend weißen Blütenblätter der Hainmiere (Stellaria nemorum), die in großen Beständen an schattigen Waldstellen wächst, wurden im Bremgartenwald bei Bern sehr häufig von kleinen Mücken angestochen, an 10—20 Stellen, worauf kleine Tüpfelchen entstanden. Auch im Innern der Blüte machten sie sich zu schaffen. Eine Untersuchung der Blumenkronblätter auf Zucker mit Fehlingscher Lösung ergab tatsächlich solchen, besonders längs der Nerven. Vermutlich besorgen die winzigen Mücken bei ihrem Sauggeschäft die Bestäubung der Stellariablüten; wenigstens traf Dr. Stäger nie andere Insekten auf den betreffenden Blüten.

So mannigfach wie das Aufblühen ist auch das Abblühen der Blumen. Dr. Stäger hat einige Beobachtungen über das Welken der Blumenkronen gemacht, die Mitteilung verdienen.

Wie merkwürdig verschieden ist in dieser Hinsicht z. B. ein Vergleich zwischen unseren einheimischen und den als Zierpflanzen vielfach benützten Trichterwinden (Ipomoea). Morphologisch unterscheiden sie sich nur durch die Gestalt der Narbe, biologisch trennen sie sich scharf durch ihr verschiedenes Verhalten beim Welken. Ipomöa rollt dabei die Blumenkrone allmählich einwärts und schützt so die Kronröhre mit dem Fruchtknoten. Der ganze farbige Teil der Korolle verschwindet so in der Kronröhre, die Blüte wird unscheinbar und fällt am zweiten Tage ab. Bei unserer Zaunwinde (Convolvulus) findet ein solches Einrollen nicht statt, sondern die ganze Trichterblüte legt sich einfach der Längsachse nach zusammen und verliert allen Turgor (durch die Saftfülle bedingte Spann- oder Schwellkraft). Sie schließt sich wie ein Regenschirm.

Manche Blumenkrone wird beim Welken haut- oder lederartig dürr, z. B. bei den Gentianen (Gentiana acaulis, cruciata u. a.), wobei ein schützender unscheinbarer Mantel um den heranwachsenden Fruchtknoten entsteht.

Gewisse Blumen pressen beim Verwelken den Zellsaft aus den Blütenblättern, besonders fleischige, große Blüten aus den Liliengewächsen, Kakteen, Irisgewächsen und anderen. Hat bei den großen, rot leuchtenden Blüten eines Blattkaktus die Befruchtung stattgefunden, so beginnen die Kronblätter zu erschlaffen, hängen matsch herunter, und aus dem unschönen, mißfarbigen Knäuel ehemaliger Pracht fließt ein ekler roter Saft. Sehr interessant ist dieser Vorgang bei den großen Irisarten unserer Gärten (Iris germanica-Varietäten). Die Perigonblätter erschlaffen etwa am fünften bis sechsten Tage und beginnen Zellsaft auszuscheiden. Da aber die ganze Blüte nicht überhängt, sondern in aufrechter Stellung verharren muß, so würde sich der Saft über dem Fruchtknoten sammeln und hier stocken. Daher macht das ganze matsche Gebilde des welkenden Perigons eine kräftige Drehung um seine eigene Achse durch und preßt so tatsächlich den Zellsaft selber aus, etwa wie man ein nasses Tuch auswindet, und zwar so gründlich, daß man nach einigen Tagen nur noch einen dünnen getrockneten Wisch auf dem Fruchtknoten sitzend findet.

Wenn die Pflanze einerseits so viel Mühe, so viele raffiniert angeordnete Lockmittel und Einrichtungen aufwendet, um die Befruchtung zu bewirken, und zwar zumeist durch Fremdbestäubung, so muß es auffallen, daß sie anderseits in anscheinend gar nicht wenigen Fällen auf den ganzen Bestäubungsapparat wieder verzichtet und die Frucht bezw. den Samen ohne vorhergehende Befruchtung hervorbringt, wie das die parthenogenetischen Gewächse tun. Parthenogenesis (d. h. ohne Befruchtung stattfindende Samenbildung) findet bei höheren Pflanzen innerhalb der Arten von Antennaria, Alchimilla, Thalictrum, Taraxacum und Hieracium sicher, bei einigen anderen höchstwahrscheinlich statt (siehe Jahrb. IV, S. 164). Bei der im indisch-malaiischen Florengebiet heimischen, der Familie der Thymeläceen angehörenden Wikstroemia indica hat Hans Winkler diese merkwürdige Erscheinung festgestellt.*)

Die gelblichgrün gefärbten, ziemlich unscheinbaren, zu vier bis zehn einen Blütenstand bildenden Blüten des etwa 1½ Meter hohen Strauches bieten ein geschlechtlich völlig normales Aussehen. Der Fruchtknoten wird von einem einzigen Fruchtblatte gebildet, er trägt einen sehr kurzen Griffel, der von einer großen weißen, kopfig-kugelförmigen, sehr papillösen Narbe gekrönt wird. Die reife Frucht ist rot gefärbt und enthält einen fleischigen großen Samen. Der Strauch blüht und fruchtet ununterbrochen das ganze Jahr hindurch, doch scheint der Fruchtansatz nicht immer gleich groß zu sein.

Bei einer gelegentlichen Untersuchung zeigte sich, daß diese außerordentlich reiche Samenproduktion stattfand, obwohl der Blütenstaub in sehr hohem Prozentsatz abortiert (fehlgeschlagen) war. Hie und da fand Dr. Winkler auf den Narben wohl gute Pollenkörner, die wahrscheinlich von den höher als die Narbe stehenden Antheren auf sie herabgefallen waren, denn Insektenbesuch konnte nicht festgestellt werden. Aber niemals hatte eines dieser Pollenkörner auf der Narbe gekeimt. Versuche, die verhältnismäßig wenigen normal aussehenden Pollenkörner von Wikstroemia in irgend einer Kulturflüssigkeit zum Keimen zu bringen, gelangen ebenfalls nicht, so daß also der Pollen der Pflanze überhaupt nicht mehr keimfähig zu sein scheint.

Nun wurden zu sicherer Entscheidung darüber, ob zur Samenbildung die Bestäubung erforderlich war oder nicht, Kastrationsversuche unternommen. Unter möglichster Schonung der Blütenblätter wurden die Antheren und die Narbe vollständig entfernt, und zwar an Blüten, die noch geschlossen und deren Staubbeutel noch nicht aufge-

*) Annales du Jardin Bot. de Buitenzorg, vol. 5, 2 partie, p. 208.

sprungen waren, in denen also eine Befruchtung sicher noch nicht stattgefunden hatte. Durch Gazesäckchen und Leimringe wurden diese Blüten dann noch völlig gegen Insektenbesuch geschützt.

Von 665 kastrierten Blüten, über die Journal geführt wurde, lieferten 231 je einen Embryo; also mehr als ein Drittel der Blüten (genau 34·7%) war trotz ausgeschlossener Bestäubung fruchtbar. Um die Bedeutung dieser Zahl zu würdigen, muß man sie natürlich mit dem Prozentsatze von Blüten vergleichen, die ohne vorherige Kastrierung fruchten. Bei Durchzählung von 665 nicht operierten Blüten fanden sich 260, die je einen Embryo enthielten, also 39·1%. Die Übereinstimmung ist eine genügende, und wenn der Prozentsatz bei den kastrierten Blüten etwas geringer war, so darf das wohl ohne weiteres auf Rechnung zufälliger Störungen bei der Operation gesetzt werden. Befruchtung scheint bei Wikstroemia also überhaupt nicht mehr stattzufinden — soweit wenigstens die in Buitenzorg (Java) kultivierten Exemplare allgemeine Schlüsse zulassen.

Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß in diesen unbefruchteten Blüten die Eizelle selbst in Entwicklung tritt und den Embryo liefert, daß also echte Parthenogenesis vorliegt, nicht etwa Adventivembryobildung aus benachbarten Zellen wie bei Caelebogyne oder Wolfsmilch (Euphorbia dulcis).

Welche Ursachen die Verkümmerung des Pollens der parthenogenetischen Blüten herbeigeführt haben, das liegt noch völlig im Dunkeln. Bei anderen Abänderungen von Blüten hat man wenigstens experimentell die eine oder die andere Ursache entdeckt, wenn damit auch nicht gesagt ist, daß in der Natur die gleichen Ursachen bei entsprechenden Variationen gewirkt haben. Als erster hat G. Klebs versucht, die Ausbildung der einzelnen Organe der Blüte künstlich zu beeinflussen. Besonders zwang er Staubblätter, zu Blütenblättern, und Fruchtblätter, zu Staubblättern zu werden, eine Umwandlung, die auch in der Natur häufig vor sich geht. Doch waren diese Variationen nicht völlig in sein Belieben gestellt und das Endergebnis seiner Experimente vermochte er nicht mit Sicherheit vorherzubestimmen.

M. L. Blaringhem*) kam im Verfolg ähnlicher Experimente zu der Überzeugung, daß die Umwandlung von Fruchtblättern in Staubblätter jedesmal dann eintrat, wenn die Entwicklung der Endknospe der Pflanze unterdrückt wurde. Wenn er beim Mais kurz vor dem Erscheinen der (männlichen) Endrispe eine Teilung des Hauptstengels vornahm, so wandelten sich die männlichen Blüten in Zwitter- und weibliche Blüten um. Für manche der durch solche Verletzungen hervorgerufenen neuen Eigenschaften glaubt Blaringhem Erblichkeit annehmen zu müssen. Er stellt auf Grund seiner Untersuchungen folgende biologische Gesetze auf:

„Starke Verletzungen, die bisweilen das Individuum zerstören, rufen oft die reichliche Entwicklung eines Nachwuchses hervor, dessen sämtliche Organe, Stengel, Blätter, Blüten und Früchte, beträchtliche Abweichungen vom Typus der Art zeigen und wirkliche Mißbildungen darstellen. Durch die Verstümmelungen gelingt es, die meisten Pflanzen in einen Zustand der Labilität zu versetzen, der für den Gärtner die Periode im Leben der Art ist, in der neue Varietäten entstehen."

„Unter den Pflanzen, die durch Verstümmelungen in labilen Zustand versetzt werden, also in gestörtem Gleichgewichte des Durchschnittstypus sich befinden, weist eine erhebliche Anzahl Anomalien auf, die teilweise erblich sind. Diese erzeugen unter ihren Nachkommen wiederum weitgehende Anomalien, während die normalen das elterliche Gleichgewicht wiedergewinnen und nur in wenigen Individuen geringfügige Anomalien aufweisen. Diese letzteren aber sind vollständig erblich und stellen vollständig neue und beständige Varietäten dar."

M. M. Laurent hat versucht, die eigentlichen Ursachen der durch Verwundung herbeigeführten Veränderungen festzustellen. Seiner Ansicht nach sind die äußeren Verletzungen nur insoweit von Einfluß, als sie auf die im Innern der Pflanze sich abspielenden Vorgänge einwirken. Eine solche Einwirkung besteht darin, daß durch Verletzungen eine Steigerung des osmotischen Druckes in gewissen Teilen der Pflanze verursacht wird. Da nun die Verwundung das Geschlecht der Blüten beeinflußt, so steht dieses anscheinend in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis zu dem osmotischen Drucke, der in dem Augenblicke herrscht, in dem die einzelnen Blütenorgane im Begriffe sind, sich voneinander zu differenzieren.

In etwas anderer Weise sucht Wilhelm Benecke die Bedingungen des Blühens und Fruchtens der Gewächse festzustellen.*)

Als der Blütenbildung förderlich werden allerorts hauptsächlich zwei Faktoren physikalischer Natur, nämlich Trockenheit und Helligkeit des Standortes, genannt, zwei Faktoren, deren Wirkungsweise sich genauer analysieren läßt.

Trockenheit des Bodens bedingt für die Pflanze Nahrungsarmut, da sie die Nährsalzaufnahme durch die Wurzeln erschwert, so daß man sagen kann: Nährsalzmangel ist ein Faktor, der neben anderen die Blütenbildung befördert. In Übereinstimmung damit wissen wir von manchen Pflanzen, daß sie nur auf mageren, leichten Böden blühen (wenn außerdem der Standort hinreichend warm ist: so die knollentragende Sonnenblume, Helianthus tuberosus). Ein Gleiches gilt auch für bestimmte Algen; Vaucheria z. B. bildet infolge des Entzuges von Nährsalzen Geschlechtsorgane und Oosporen, ein Vorgang, der mit dem Blühen und Fruchten höherer Gewächse zu vergleichen ist.

Der unserem Verständnis zugängige Einfluß der Helligkeit beruht darauf, daß Lichtzutritt die Kohlensäureaneignung ermöglicht und somit einen Reichtum der Zellen an Kohlehydraten, Zucker usw. bewirkt. Auch Löw und Fischer sprechen, wie Klebs den Einfluß des Zuckers bei den Algen nachgewiesen hat, die Vermutung aus, daß bei höheren Pflanzen eine gewisse Konzentration von

*) Comptes rend. hebdom. de la soc. de Biologie, vol. 59.

*) Botan. Zeitung, 64. Jahrg., Nr. 7 der II. Abteil.

Zucker in den Zellen ein Faktor sei, der die Pflanze in den blühbaren Zustand bringe.

Beide Anschauungen von der Wichtigkeit des Nährsalzmangels und dem Zuckerüberfluß als blütenbildender Reize lassen sich vereinigen: offenbar ist Reichtum an Zucker, allgemeiner an organischen Stoffen, gleichbedeutend mit einem gewissen Mangel an Nährsalzen. Für optimales vegetatives Wachstum ist ein bestimmtes Verhältnis der zugeführten organischen und anorganischen Nährstoffe erforderlich. Wird dieses Verhältnis zu Gunsten der organischen und zu Ungunsten der anorganischen Nährstoffe geändert, so bewirkt das bei allen Pflanzen Hemmung des Wachstums, bei vielen löst es außerdem Blüten- und Fruchtbildung aus.

Es kann fraglich sein, ob Zuckerreichtum bloß negativ wirkt, d. h. das vegative Wachstum hemmt und dadurch indirekt Blütenbildung auslöst, oder ob Zucker auch als Baustoff, als Betriebsstoff für die Blütenbildung in Betracht kommt. Wahrscheinlich ist das für die einzelnen Fälle verschieden. Sicher ist aber, daß für einen anderen Vorgang Reichtum an organischer Nahrung unbedingt erforderlich ist, nämlich für das Reifen der Früchte und Samen. Nur dann bringen es blühende Pflanzen zum Ansetzen von Früchten, wenn sie vorher durch kräftiges vegetatives Wachstum Gelegenheit gehabt haben, sich mit den für Aufbau und Ausgestaltung der Fortpflanzungsorgane nötigen Stoffen zu füllen.

Merkwürdig ist, daß genügende Wärmezufuhr ähnlich dem reichlichen Lichtgenusse einerseits das Blühen fördert bezw. ermöglicht, anderseits aber in allzureichem Maße durch die sich daran schließende größere Üppigkeit des vegetativen Wachstums das Blühen unterdrücken kann.

Auch hinsichtlich der Nährsalze und ihrer Wirkung auf das Blühen ist ein Unterschied. Will man z. B. Topfpflanzen zum Blühen bringen, so empfiehlt sich die Einschränkung der Stickstoffdüngung; reichlich mit Salpeter gedüngte Kartoffeln blühen später. Stärkere Phosphatzufuhr wirkt wieder günstig auf die Ausbildung der Früchte, ebenso begünstigt sie das Ausreifen der Getreidekörner, während überreiche Stickstoffzufuhr die Fruchtreife verzögert. Wenn Kresse, Bohne und andere Pflanzen, in destilliertem Wasser gezogen, zwar blühen, aber keine Samen ansetzen, so dürfte ganz wesentlich auch der Mangel an Phosphaten den Fruchtansatz verhindern. Viele Pflanzen suchen dem Stickstoffmangel abzuhelfen, indem sie unter Aufgabe ihrer eigenen Existenz für Nachkommenschaft sorgen, d. h. blühen und fruchten.

Zum Schlusse dieses Abschnittes sei noch auf einige Arbeiten verwiesen, die sich mit zwei Hauptschädigern unserer Getreidefrüchte, dem Brand (Flugbrand, Stinkbrand) und dem Mutterkorn (Claviceps) beschäftigen. Die Brandpilze, welche auch außerhalb ihrer Nährpflanze in toten organischen Unterlagen leben können, und zwar in Form sprossender Hefen, befallen die Wirtspflanze nach Prof. Brefelds Untersuchungen in zweifacher Weise. Entweder tritt die im Boden lebende Hefezelle auf ein genugsam junges Keimpflänzchen über und geht in den schlauchförmigen Brandpilz über, oder die Flugbrandsporen gelangen zur Blütezeit auf die federförmigen Narben der Getreideblüte, keimen dort und dringen in den Fruchtknoten ein, ohne die Entwicklung desselben zum reifen Getreidekorn zu schädigen. Sie bleiben dann innerhalb des Kornes ein ganzes Jahr, bis zur nächsten Aussaat, latent und entwickeln sich mit dem keimenden Korne, um dann dessen Blütenstände zu zerstören.

Von den verschiedenen Mutterkornarten hat Dr. Stäger besonders zwei, Claviceps purpurea, das eigentliche Mutterkorn, und Claviceps mikrocephala, in ihrer Entwicklung studiert.*) Der von den Pilzen ausgeschiedene, mit Conidien erfüllte Honigtau an den Gräsern wird von den verschiedensten Insekten aufgesucht und von ihnen auf die Blüten anderer Gräser übertragen. Durch ausgedehnte Versuchsreihen mit blühenden Gras- und Getreidearten stellt Dr. Stäger die Wirtspflanzen und die Reihenfolge der Übertragung von einem zum anderen Wirte fest. In der Regel werden die Gramineen zur Zeit ihrer höchsten Blüte vom Mutterkorn angesteckt; der Roggen wurde nach dem Verblühen nicht mehr befallen.

*) Infektionsversuche mit Gramineen bewohnenden Clavicepsarten. Separatabdruck aus der Botan. Zeitung 1903, Heft 6 u. 7. Weitere Beiträge zur Biolog. des Mutterkorns. Centralbl. f. Bakteriologie, Bd. 14, Nr. 1.

Im Reiche des Faunus.

(Zoologie.)

Tierleben in Tropenlanden. * Tierwelt und Erdgeschichte. * In den Tiefen der Salzflut. * Den Vogel- und Kleintierfreunden.

Tierleben in Tropenlanden.

Wohl wenige andere Inseln der Erde weisen eine so reiche und mannigfaltige Fauna auf wie die unter dem Äquator gelegene Insel Sumatra. Auf verhältnismäßig kleinen Raum zusammengedrängt finden sich daselbst fast alle Klassen des Tierreiches mit einem enormen Reichtum an Arten vertreten. Um nur von den Säugetieren zu sprechen, so ist hier die für die Stammesgeschichte des Menschen so wichtige Familie der Anthropoiden nicht bloß durch den Orang-Utan, sondern noch durch drei Gibbonarten repräsentiert, welche Gattung durch den berühmten 1891 von Dubois im Pleistozän der Insel Java entdeckten Pithecanthropus erectus nun eine für die Abstammung des Menschen so eminent wichtige Rolle spielt; glauben doch

manche Anthropologen, es handle sich bei dem aufrechtgehenden Affenmenschen von Java um einen Gibbon von Menschengröße, dem die Ehre zufalle, Stammvater der Neandertalrasse, ja selbst des ganzen Menschengeschlechtes zu sein. Und neben dem interessanten Tarsius spectrum (dem Koboldmaki) finden sich auch die gewaltigsten Landsäugetiere der Gegenwart, Elefanten, Rhinozerosse nebst einem Vertreter der in früheren Erdperioden zahlreich verbreiteten Familie der Tapire vor; neben einer großen Anzahl kleiner Arten des Raubtiergeschlechtes sind ebenso die stattlichsten Formen davon, wie Tiger, Panther, Bär, vorhanden. Es mag genügen, auf diese wenigen Repräsentanten der Säugetierwelt hingewiesen zu haben. In einem solchen Erdstrich konnte man sicher sein, ein gutes Feld

Das interessanteste Tier Sumatras ist sicherlich der Orang-Utan, der hier wie in Borneo nur in Urwaldgegenden auftritt. Er scheint in zwei Rassen vorzukommen, einer größeren, bei der die erwachsenen Tiere durch Wangenwülste und Schweinsaugen ausgezeichnet sind, und einer kleinen ohne Wangenwülste, mit größeren Augen und Kehlsack. Ihre Verbreitungsbezirke sind nicht streng voneinander geschieden.

Abgesehen von Durianfrüchten, die der Orang von Sumatra wie sein Vetter in Borneo allen anderen Früchten vorzieht, lebt er hauptsächlich von einer faustgroßen Waldfrucht, welche die Eingeborenen Bua Glugor nennen (Garcinia Klabang). Sie wird getrocknet und gekocht auch von den Malaien gegessen und schmeckt frisch säuerlich-bitter.






Orang-Utan traurig, lachend, beobachtend.

für eine zoologische Ausbeute zu finden, und hoffen, daß noch lange nicht alles Vorhandene gefunden und noch manches zu entdecken übrig sei. Das übte in erster Linie eine große Anziehungskraft auf mich aus neben dem sehnlichen Wunsche, die Tropen zu schauen, „unter Palmen zu wandeln" und die Tiere der Urwälder in ihrer heimatlichen Wildnis zu beobachten und zu jagen, und damit sowohl die eigenen Kenntnisse an Ort und Stelle zu vermehren als auch zum Fortschritt der Wissenschaft so viel wie möglich beizutragen." Mit diesen Worten leitet G. Schneider den ersten, die Säugetiere behandelnden Teil seiner „Ergebnisse zoologischer Forschungsreisen in Sumatra" ein. Nachdem wir im vorigen Jahrgang an der Hand Schillings' einen Blick in die afrikanische Tierwelt getan, wollen wir jetzt, dem interessanten, an biologischen Beobachtungen reichen Berichte Schneiders folgend, uns die Fauna Sumatras, die zum großen Teile auch die ganz Südostasiens ist, zu vergegenwärtigen suchen.*) Während bis 1899 von dieser Insel im ganzen 119 Säugetierarten bekannt waren, befanden sich unter der Ausbeute Schneiders zwei neue und 26 bisher für Sumatra nicht festgestellte Sängerspezies, wodurch die Fauna an Säugetieren auf 147 Arten gestiegen ist.

*) Zoolog. Jahrbücher, Abteil. für Systematik u. s. w., Bd. 23, Heft 1, 1905.

Der Orang-Utan frißt recht langsam und bedächtig, aber so lange, bis der Magen prall gefüllt ist.

Von den Nestern, die sich das Tier wie die anderen größeren Menschenaffen zum Schlafen baut, konnte der Reisende eine ganze Anzahl im Walde beobachten. An den bisher getrocknet und daher stark zusammengeschrumpft nach Europa gebrachten fehlt vor allem die bei frischen Nestern stets vorhandene kuppelartige Decke. Die Nester werden 12 bis 20 Meter über dem Boden auf schlanken dichtbelaubten Bäumen, die sich fast regelmäßig an einen größeren dicken Baum anlehnen, in einer Astgabel errichtet. Befanden sie sich aber auf einem freistehenden Baume, so lagen sie bedeutend höher, bis zu 30 und mehr Metern über der Erde. Man kann zwei und drei, ja sogar vier Nester auf einem Baume finden, dann ist aber meist nur eines frisch errichtet. Die Nester seiner Vorgänger scheint das Tier nie zu benützen, wohl aber, solange er in der Gegend weilt, ungefähr zwei bis drei Tage, in sein altes Nest zurückzukehren, aber nur, solange es noch grün ist. Bei der Wahl des Nestplatzes ist es sehr vorsichtig. Die Bäume mit Orang-Utan-Nestern stehen gewöhnlich an Abhängen, überhaupt an schwer zugänglichen Orten, namentlich in ausgedehnten Sümpfen, wo unserem Beobachter das Wasser immer bis weit über die Knie reichte.

Das Nest selbst gleicht in Form und Größe einem Storchnest. Es ist ein Lager aus übereinander gelegten und lose verbundenen Zweigen. Die dünnen Zweige mit vielem Laube liegen in der Mitte. Der Orang-Utan bricht die Zweige des Baumes, der sich in nächster Nähe seines Nestes befindet, nicht ab, sondern verflicht die passenden und benützt dazu nur die Zweigenden, und zwar so, daß sie leicht gebogen eine immer grüne natürliche Deckung bilden, die ihn unberufenen Zeugen völlig entzieht. Interessant ist die Beobachtung des nestbauenden Orang-Utans, der erst kurz vor einbrechender Dunkelheit an die Herstellung seines Schlaflagers geht (15 Minuten vor 6 Uhr). Er stellt sich aufrecht, aber in seiner gebückten natürlichen Haltung auf einen Gabelzweig und benützt den linken Arm als Stütze, während die rechte Hand entfernt stehende Äste heranzieht, abbricht und kreuz und quer aufhäuft, bis das Tier ringsum von einem etwa 1/2 Meter hohen Wall abgebrochener Zweige umringt ist. Dann beginnt es die Herstellung des Bodens, indem es feinere Zweige abreißt und in die Mitte des Nestes legt. Nachdem so die Form des Lagers vollendet ist, wird es ausgepolstert. Zu dem Zwecke faßt der Orang lange Baumzweige so weit wie möglich von ihrer Spitze entfernt und fährt dann mit halbgeschlossener Hand den ganzen Zweig entlang, so daß alle Blätter abgestreift werden und direkt in das Nest fallen oder mit der Hand hineingeworfen werden. Hier drückt er sie mit der Faust in die Fugen, legt sie halb auf die Seite, zieht nun die stehen gelassenen feinen Zweigenden herbei und verflicht sie mit seinem Neste, so daß die erwähnte kuppelartige Decke entsteht. Hie und da bricht er auch noch einzelne Zweige ab und legt sie auf sich, so daß er vollständig damit zugedeckt ist. Wahrscheinlich geschieht dies zum Schutze gegen die Nachtkälte und den starken Taufall. Zur Herstellung des Nestes in beschriebener Art braucht das Tier 30 Minuten Zeit. Schneider konnte feststellen, daß diese Nester nur Schlaflager sind, und daß der Orang-Utan kein Nest zur Pflege der Jungen und für sich benützte. Nur Verwundete raffen, wie schon Wallace geschildert hat, schnell ein Nest zu ihrem Schutze zusammen.

Die Stimme des Orang-Utans ist ein dumpfes Brüllen. Die großen Männchen der robusten Rasse stoßen, wenn sie in Wut geraten, höchst sonderbar rollende, einem Trommelwirbel ähnliche Laute aus. Dabei richten sich ihre Haare aufwärts und verleihen dem Tiere ein ungemein wildes Aussehen, das einem Unbewaffneten wohl Furcht einflößen kann. Weibliche Tiere beider Rassen, alte wie junge, bewerfen, in die Enge getrieben oder verwundet, den Verfolger mit einem wahren Hagel von Baumästen, die sie sehr rasch abbrechen und sehr geschickt zielend werfen. Doch würden sie, in Ruhe gelassen, wahrscheinlich ihre Scheu ziemlich ablegen. Der Reisende traf einmal unverhofft einen halberwachsenen Orang-Utan, der sich gar nicht scheu benahm. Er kam sogar ganz tief am Baume herab und schaute den Menschen aufmerksam an; nur als Schneider ihn anfassen wollte, zog er sich bedächtig ein wenig höher hinauf, blieb aber über eine halbe Stunde in seiner Nähe.

Nach Angabe der Eingeborenen leben die Orang-Utans immer paarweise, obwohl man bei dem schwierigen Überblick im Urwalde meist nur eines der Tiere sieht, oder eine Mutter mit einem oder zwei Jungen. Anders ist die Sache bei den Gibbons, die familienweise sich zu kleinen oder größeren Gesellschaften zusammentun und so gemeinschaftlich auf die Nahrungssuche gehen.

Von diesen Langarmaffen schildert Schneider drei Arten, den Imbau oder Siamang (Symphalangus syndactylus), den Ungkosabut (Hylobates agilis) und den Srudung oder Wau-wau (Hylobates entelloides). Das sehr markante jauchzende Morgenkonzert der Siamangs vernahm der Reisende jeden Morgen in Ober-Langkat, wo es sich dann, aus den weit entfernten Bergwäldern herüberschallend, wie dumpfes Gebell anhörte; der den anderen Arten fehlende Kehlsack, der sich beim Schreien kugelig aufbläst, ist eine vorzügliche Stimmverstärkungstrommel. Wie alle Gibbonarten scheint diese Art nur durch die allerhöchste Not gezwungen auf den Boden herabzugehen, hier aber sozusagen hilflos zu sein. Auf einer Baumgruppe, dem Reste eines gefällten Urwaldstreifens, hielt sich eine aus acht Köpfen bestehende Imbaufamilie auf, und zwar auf einem bestimmten Baume. Schneider schoß zwei der Tiere, fand die übrigen am nächsten Tage auf dem gleichen Baume, erlegte noch ein altes Männchen und nahm nun sicher an, daß der Rest nach dem nur 100 Meter entfernten Urwald flüchten würde. Als er zwei Tage später wiederkam, sah er die Tiere immer noch auf demselben Fleck. Als er nun die mit dem Fällen der Bäume beschäftigten Battaker fragte, was nach ihrer Meinung der Grund des Bleibens sei, erhielt er die Antwort: „Ja, Herr, die Imbaus lassen sich nicht aus ihrer Heimat vertreiben, wir werden sie nachher, wenn wir den Baum fällen, sicher alle bekommen.“ Und so geschah es auch.

Zusammenhängender Wald ist für die Menschenaffen einfach Lebensbedingnis. In ihm bewegen sie sich mittels ihrer so ungewöhnlich langen Arme mit erstaunlicher Schnelligkeit von Ast zu Ast, von Baum zu Baum, und mit weit ausgestreckten Armen schwingen sich die Hylobatiden (Gibbons) über gewaltige Entfernungen hinweg ihrem Ziele zu. Außer dem Menschen, dem Battaker, der sie mit dem giftigen Blasrohrpfeil, seltener mit der Schußwaffe zu Eßzwecken erlegt, hat der Langarmaffe anscheinend keine Feinde, da er freiwillig nie auf den Boden kommt. Und doch scheint ihm hin und wieder die Riesenschlange (Python reticulatus, Schneider) gefährlich zu werden. Sie kann nicht nur die höchsten Urwaldbäume mit Leichtigkeit erklettern, sondern sich auch vollkommen geräuschlos an ihre Beute heranschleichen, und der Fall, daß in einer etwa 6 Meter langen gefangenen Riesenschlange ein völlig ausgewachsener Imbau gefunden wurde, ist Schneider sicher verbürgt. Diese Schlange war klein, denn es kommen Exemplare von mehr als 9 Meter Länge vor. Der Reisende selbst erbeutete ein über 7 Meter langes Exemplar, das einen Kidjanghirsch von gut Ziegengröße, allerdings unter starker Zerdrückung des Schädels und des Brustkastens der Beute, verschlungen hatte. Eine höchst interessante

Zwergform der Siamang ist 1902 auf der an der Westküste Sumatras gelegenen Pagiinsel entdeckt worden.

Der Ungko kommt in zwei Farbenvarietäten, hell bräunlich isabellfarben (Ungko-sabut) und schwarz (Ungko-itam), vor. Schneider, der mit Vorliebe zwei Jahre fast täglich das Freileben der Hylobatiden, namentlich des Ungko und Wau-wau, studierte, hat viele Male festgestellt, daß hellgefärbte männliche Ungkos fast regelmäßig ein schwarzfarbiges Weibchen besaßen, während umgekehrt die schwarzen Männchen ein hellfarbiges Weibchen hatten. Viel seltener waren Pärchen gleicher Pelzfarbe mit ebenso gefärbtem Jungen.

Der Ungko und fast alle Hylobatiden leben in Monogamie.

Die Familien bestehen gewöhnlich aus drei bis vier Mitgliedern, Männchen und Weibchen mit halbwüchsigen Jungen. Letztere, besonders die Säuglinge, werden von der Mutter an der rechten oder linken Brustseite getragen und mit dem Arme so geschickt gedeckt, daß man sie nur selten wahrnehmen kann.

Eine Ungkoherde bestand meistens aus drei bis fünf Familien; die von Schneider gezählte höchste Individuenzahl betrug 18, während vom Wau-wau Herden bis zu 50 Stück vorkamen. Sehr interessant sind des Reisenden Angaben über Wanderung und Sprache dieser Tiere. Schon gegen 5 Uhr früh, wenn noch dichte Nebel den Wald bedecken, der Tag aber schön zu werden verspricht, beginnt der Ungko sein Konzert. Es fängt mit einzelnen kürzeren Tönen: ö ö ö öu öu öu einiger Tiere an, in die allmählich sämtliche Mitglieder der Herde einfallen, und so entsteht ein höchst eigenartiges melodisches Jodeln, das, tief beginnend, immer schneller und schneller wird und schließlich mit einem fröhlichen Jauchzen, dem einige leise Töne nachfolgen, endigt. Während des Jauchzens wandern und schaukeln sich die Ungkos in den Baumkronen umher.

Kaum ist, etwa um 7½ Uhr morgens, der letzte Ton des Konzerts verhallt, so verlassen die Tiere den Baum und zerstreuen sich in der nächsten Umgebung. Auf einen schwer zu beschreibenden Ton des Leitaffen beginnt nun eine Wanderung der Herde von Baum zu Baum, wobei die Ungkos sich fast vollkommen geräuschlos unter akrobatenartigen Luftsprüngen von Ast zu Ast schwingen, mit einem einzigen Schwunge gewaltige Abstände durchmessend. Immer ist dabei nur einer der langen Arme nach vorn vollständig ausgestreckt in der Richtung des erstrebten Zieles, während der andere ebenfalls ganz gestreckt noch in Berührung mit dem Aste, den er verlassen hat, zu sein scheint, also so, daß beide Arme eine Linie bilden. Kaum hat aber die vordere Hand das Ziel erfaßt, so zieht der Ungko mit einem Rucke die bis dahin festhaltenden Hinterfüße nach, während im selben Augenblick schon wieder eine Hand vorgreift.

Kommt die Herde bei einer solchen Wanderung etwas weit auseinander, so gibt der Leitaffe, immer ein altes Männchen, durch leise flüsternd, kurz hintereinander ausgestoßene: Hu, u, u, die von dem nächstfolgenden Tiere wiederholt und so immer weiter gegeben werden, der Herde Bescheid über die einzuschlagende Richtung. Merkt eines der Tiere Gefahr, so schwingen sich alle mit unglaublicher Schnelligkeit in die Kronen der höchsten Bäume hinauf und verteilen sich blitzschnell nach allen Himmelsrichtungen, ohne den geringsten Laut von sich zu geben. Sind die Ungkos wirklich erschreckt worden, so vergeht mindestens eine Stunde, bis sie sich durch flüsternd hervorgestoßene Locktöne wieder sammeln und vereint weiterwandern.

Die Nahrung der Hylobates-Arten besteht aus den verschiedensten Waldfrüchten und Schößlingen von allerlei Pflanzen. Ist die Morgenmahlzeit beendet, so begibt sich die Ungkoherde gegen 9½ Uhr nach ihren Spielbäumen, meistens mächtigen Feigenbäumen. Hier sondern sich nun einzelne Pärchen von der ganzen Gesellschaft ab, begeben sich mit raschem Schwunge über verschiedene Bäume hinweg nach ganz hohen, auf Hügeln stehenden und alles überragenden Bäumen. In deren Kronen beginnt nun unter lebhaftem Singen oder Jauchzen und Springen ein Liebesspiel und Werben, das ebenso interessant wie unterhaltend für den Zuschauer ist und ihn alle Mühe, die mit solchem Anschleichen verbunden ist, vergessen macht.

Beim S'Rudung oder Wau-wau (Hylobates entelloides), der zierlichsten und hübschesten Menschenaffenart der Insel, fiel Schneider die für ein Tropenklima merkwürdige Dichte und Wolligkeit des Rückenpelzes auf. Verschiedene Gründe, die er zur Erklärung dieser wunderbaren Eigenschaft suchte, wie Nachtkühle und starker Taufall, schienen ihm nicht stichhaltig zu sein, da die Vorderseite der Hylobatiden recht spärlich behaart, teilweise sogar fast nackt und daher gegen diese Einflüsse ohne Schutz ist. Endlich fand der Reisende eine einleuchtende Erklärung. Im Walde verirrt, sah er sich genötigt, der Umschau halber nacheinander fünf der höchsten Bäume zu erklettern, wie sie diese Affen zu ihrem ständigen Aufenthalt wählen. Dabei fiel ihm auf, daß dort oben ein scharfer Wind herrschte, von dem man unten nichts wahrnahm, der ihn aber in den Kronen trotz des prachtvollen warmen Wetters und der noch nicht sehr vorgerückten Tageszeit frösteln machte. Später beobachtete Schneider dann, daß die Gibbons, wenn sie hoch oben in den Bäumen sitzen, den Rücken der Windseite zugekehrt haben, den dichten wolligen Pelz der Oberseite also als guten Schutz gegen diesen scharfen kühlen Wind benützen.

Wo sie nie gestört werden, zeigen sich diese S'Rudungs wenig scheu, fast zutraulich. Sie schwangen sich tief in die Baumäste herab, betrachteten den Reisenden neugierig, jodelten ruhig weiter und entfernten sich langsam. Wie alle Arten dieser Gattung hat der Wau-wau, der sehr sanft ist, einen etwas melancholischen Gesichtsausdruck. Doch täuscht diese aus der menschlichen Physiognomik entlehnte Bezeichnung, da sie, in der Freiheit wenigstens, sich bei aller Sanftheit durch große Fröhlichkeit auszeichnen. In der Gefangenschaft freilich bekommt das Gesicht und die ganze Haltung des Tieres bald einen unendlich traurigen Anstrich, die Sehnsucht nach der goldenen Freiheit verzehrt sie rasch, und nur bei größter Pflege und vieler Freiheit gelingt es, sie längere Zeit am Leben zu er-

halten; dann werden sie ihrem Pfleger sehr anhänglich und erfreuen ihn.

Von den Schlankaffen traf Schneider vier Arten in Sumatra. Sie halten sich fast ständig auf Bäumen auf. Der Reisende war sehr überrascht, von einer Art (Semnopithecus thomasi) einmal um 9 Uhr morgens auf einem Elefantenpfad eine Gesellschaft von sieben Stück im Gänsemarsch, einen hinter dem anderen her hüpfend, zu treffen, wobei der lange Schwanz der Tiere zur Hälfte dem Boden auflag und als Stützpunkt bei den gewaltigen Sätzen, mit denen sie sich vorwärtsbewegten, diente. Die Mutterliebe dieser Tiere lernte er bei folgender Episode kennen. Als er einmal ein Stück aus einer auf einem Baume versammelten Herde schoß, erschrak durch den Schuß ein Weibchen mit Jungen dermaßen, daß es ein ganz junges Kindchen, das es am Bauche trug, herunterfallen ließ. Die Mutter flüchtete zwar mit den anderen, blieb aber, da sie sich fortwährend nach ihrem am Boden liegenden, jammervoll schreienden Kleinen umsah, weit hinter jenen zurück. Als der Reisende den kleinen Schreihals aufhob und unverletzt sah, tat es ihm leid, ihn zu töten, und ihn lebend zu erhalten, schien er ihm viel zu jung. Es sah allerliebst aus, deshalb trug Schneider es an die Stelle, wo es heruntergefallen war, und zog sich ins Gebüsch zurück, in der Hoffnung, die Mutter würde es holen. Nach Verlauf weniger Minuten wurde das Schreien des Jungen durch die Laute der Alten beantwortet, mit einem Satze war letztere plötzlich am Buschrand in der Nähe des Baumes, ergriff, ohne dabei völlig zu Boden zu kommen, mit weit ausgestrecktem Arme das Kleine und verschwand blitzschnell hinter der Blättermasse.

Von den Makaken oder Hundsaffen ist auf der Insel der Schweinsschwanzaffe (Macacus nemestrinus) heimisch, den man hauptsächlich auf dem Wurzelgeäste der mächtigen Waringinbäume (Ficus benjamina) oder am Boden darunter in Trupps von 6 bis 15 Stück trifft. Begegnet man einer solchen Herde, so bleibt ihr Leitaffe frech mitten im Wege stehen; während sich die anderen flüchten, macht er keine Miene dazu, sondern fletscht die Zähne und nimmt eine drohende Stellung ein. Ohne Schußwaffe mit ihm anzubinden, ist nicht ratsam, und die Eingeborenen hüten sich auch, es zu tun. Doch halten die Malaien den Bru oft in Gefangenschaft. Sie richten ihn zum Abdrehen der Kokosnüsse ab, und er erklettert mit großer Schnelligkeit den hohen und glatten Stamm der Kokospalmen. Es ist erstaunlich zu sehen, mit welchem Verständnis er die Winke seines Herrn auffaßt und nur die Früchte, die man ihm durch Zuruf und Deuten bezeichnet hat, abdreht und herunterwirft.

Von den nächtlich lebenden Affen kommt nur der Plumplori (Nycticebus tardigradus) vor, der sich am Tage in Baumlöchern versteckt hält und so gelegentlich von den Holzfällern erbeutet wird. Die Eingeborenen halten den immer bissig bleibenden schläfrigen Gesellen oft bei Reis und Bananen in Gefangenschaft; seine Lieblingsspeise sind kleine Vögel.

Von den Flattertieren, die auf der Insel in 21 Arten vertreten sind, ist außer dem Flughund (Pteropus edulis), der abends in großen Scharen seinem Futterbaume, dem Djambu, zufliegt und geröstet ganz schmackhaft ist, besonders der Soman (Taphonycteris affinis) dadurch bemerkenswert, daß er zur Zeit der Reisernte in großen Scharen erscheint, während man ihn sonst fast nie sieht. Die Eingeborenen versicherten, daß die Somans in alten hohlen Stämmen große Reisvorräte aufspeicherten, und daß sie beim Baumfällen schon oft solche Stämme mit den Vorräten dieser Fledermäuse gefunden hätten.

Unter den mit zwölf Arten, darunter acht Spitzhörnchen (Tupaia) vertretenen Insektenfressern sind besonders zwei Arten von Interesse. Den Kubing (Galeopithecus volans), einen Pelzflatterer, führt unser Reisender als vorzügliches Beispiel täuschender Schutzfärbung, der Mimicry, an. Am Stamme der Kokospalmen pflegt er dicht unter der Krone so fest an den Stamm geschmiegt zu sitzen, daß er nur für geübte Augen wahrnehmbar ist. Denn die Farbe seines Pelzes stimmt so mit der Rindenfarbe überein, daß man direkt darauf sehen kann, ohne ihn zu bemerken. Schwärzliche Streifen, die sich netzartig auf dem olivfarbenen gräulichen Grund der Oberseite bis auf die Fallschirmhaut ausdehnen, täuschen einem die Risse in der silbergrauen Rinde des Baumstammes vor. Zufällig traf Schneider einst um die heiße Mittagszeit im Halbdunkel des Waldes einen solchen Pelzwanderer in Bewegung. Er rannte Stämme auf und ab, und nach einiger Zeit, als er einmal wieder oben am Stamme angelangt war, durchschwebte er plötzlich mit einem Satze in schiefer Richtung eine große Strecke, wobei er langsam immer tiefer und tiefer heruntersank und ganz dicht bei dem Beobachter zu unterst an einem Baume haften blieb. Während des Schwebens waren alle Beine und der Schwanz sowie der Fallschirm vollständig ausgestreckt, so daß die Gestalt des Tieres einem Papierdrachen stark ähnelte. Im Magen der Tierchen, die von Bandwürmern sehr belästigt erscheinen, fanden sich nur fein zerkaute Blätter und Pflanzenfasern, nebst einigen Käferbruchstücken.

Ein merkwürdiges Aussehen zeigt das Federschwänzchen (Ptilocercus lowii), dessen letztes Schwanzdrittel doppelkammartig behaart ist. Der Reisende konnte ein gefangenes Pärchen dieser Spitzhörnchenart mehrere Stunden beobachten. Den langen Federschwanz trugen sie hängend oder leicht ausgestreckt, indem sie ihn beständig wie das Perpendikel einer Uhr hin und her bewegten. Es schien, als ob sie ihn als Tastorgan benützten. Wenn man mit dem Finger nur leicht die Haare der Schwanzquaste berührte, wichen sie zurück, obwohl sie sich sonst ruhig und ohne zu beißen anfassen und streicheln ließen.

Unter den Raubtieren nennt Schneider als erstes den Malaienbär (Helarctos malayanus), der ihm im sumatrischen Urwald oft begegnete, immer aber blitzschnell kehrt machte und zu entkommen suchte. Er ist von ungemeiner Zählebigkeit. Der Reisende schoß einmal einen mit einer Lancasterbüchse, die er sonst nur auf Dickhäuter anlegte, in 8 Meter Abstand in die Brust und sah ihn deutlich taumeln. Nachdem sich der Rauch verzogen,

fand sich zwar an dem Platze, wo der Bär hätte liegen sollen, eine starke Schweißspur, das Tier aber war verschwunden und trotz eifrigen Suchens nicht aufzufinden.

Der Malaienbär greift den Menschen nicht oder jedenfalls nur höchst selten an. Er wird aber durch Zerstören der jungen Kokospalmen, die er erklettert, um die Herztriebe zu fressen, sehr schädlich. In Bedagei hatte er auf diese Weise einmal eine prachtvolle große Allee Kokospalmen beispiellos verwüstet und völlig ruiniert.

Widerlich, wie alle schakal- und hyänenartigen Tiere, ist der auf Sumatra heimische Waldhund (Cuon javanicus), der in Rudeln jagt. Auf einer Morgenstreife in den Urwald begriffen, vernahm Schneider noch vor dem Walde ein merkwürdig schauerliches Geheul, begleitet von einem starken Geräusch. Kaum hatte er seinen Blick nach der Richtung gelenkt, als dicht in seiner Nähe ein Hirsch auftauchte. Es war ein Weibchen des großen Wasserhirsches (Rusa equinus), an dessen Halse wohl ein halbes Dutzend rotbrauner schakalartiger Tiere hing, während noch drei oder vier hinterher jagten und versuchten, auf den Rücken des Hirsches zu springen. Dieser brach nach ein paar gewaltigen Sätzen zusammen, worauf die Wildhunde in ein widerlich lachend gellendes Geheul ausbrachen. Dann aber ließen sie plötzlich, den Beobachter witternd, von ihrer Beute ab und liefen blitzschnell unter schwer zu beschreibenden Lauten dem nahen Walde zu, so daß kein Schuß mehr anzubringen war.

Gefährlicher als der Malaienbär, doch mehr wegen seiner Raubanfälle auf Vieh als auf Menschen gefürchtet ist der Inseltiger. Gleich das erste Exemplar, in dessen Besitz Schneider kam, war von erstaunlicher Größe und blieb hinter einem indischen Königstiger nicht zurück. Er hatte hintereinander mehrere Kerabaus (zahme Büffel) zerrissen, war in einer Bambusfalle gefangen und durch einen Lanzenstich getötet. Der starke Backenbart, die dichteren, zahlreicheren, dunkelschwarzen Streifen, die sich von dem prächtig rotbraunen Untergrunde lebhaft abhoben, sowie das außerordentlich kurze glänzende Haar bewiesen, daß es sich trotz der Größe um die Inselform handelte.

In gewissen Teilen der Insel sind die Tiger sehr häufig. In dem Revier, wo ein Freund des Reisenden seine Gambirpflanzung hatte, wurden in 15 Monaten mit der Falle elf Tiger gefangen. Dennoch bekommt man in Sumatra im Freien Tiger nie oder nur durch Zufall einmal zu Gesichte. In Gegenden wie Indragiri, Paguruwan, Batu Bahra, wo es notorisch massenhaft Tiger gibt, hat unser Reisender trotz seiner vielen täglichen Streifzüge nie einen erblickt, wohl aber fast jeden Morgen seine Prankenabdrücke im feuchten Urwaldboden dicht beim Reiselager. In Fallen dagegen, die mit Falltüren versehen sind und im Hintergrund eine Ziege oder einen Hund als Köder haben, sogar im Tellereisen wird der Tiger oft gefangen. In Freiheit nährt er sich hauptsächlich von Wildschweinen und Hirschen; in den kultivierten Landesteilen scheinen die Hunde, die er sogar von den Hausveranden herunterholt, eine Lieblingsspeise für ihn zu sein, hier vergreift er sich auch an Ziegen, Rindern und schleppt sogar Büffel in den Busch. Wenn der Tiger auch in Sumatra im Verhältnis zu Indien wenig Menschen angreift, wohl weil er auf der Insel Wild genug findet, so sind Schneider doch mehrere Fälle bekannt geworden, daß er Leute, meistens Kulis, die auf dem Felde arbeiteten, geholt hat.

Von den kleineren Katzenarten sind der Panther, von dem der Reisende die schwarze Varietät in Gefangenschaft sah, die Marmorkatze und der hauptsächlich auf Bäumen lebende Nebelparder neben drei unbekannteren Arten erwähnenswert.

Reich scheint die Insel auch an Nagern zu sein, unter denen die niedlichen, nicht mit den Pelzflatterern zu verwechselnden Flughörnchen in mindestens sechs Arten (Sciuropterus) auffallen. Echte Eichhörnchen, Mäusearten, ferner Baummäuse, Bambusratten sowie verschiedene Stachelschweingattungen vervollständigen das Bild dieser Ordnung.

Nun aber tritt das gewaltigste Landsäugetier, der Gadja oder sumatranische Elefant, auf den Plan. Glücklicherweise ist die Verfolgung dieser Tiere, die auf der Ostküste der Insel noch nicht selten sind, seitens der Eingeborenen nicht groß, und da auch die meisten Europäer keine Zeit oder keine Lust zu solcher Jagd besitzen, so wäre das Aussterben des Elefanten hier nicht zu befürchten, wenn nicht die fortschreitende Kultur mit dem Ausroden der Wälder und dem Entsumpfen des Bodens ihn seiner Existenzbedingungen allmählich beraubte. Das gleiche gilt auch für das Nashorn und den Orang-Utan. Einstweilen aber streifen die Riesen noch in kleinen und großen Herden (Schneider sah solche von 7 bis 72 Stück) durch die Insel, oft fast bis ans Meer hinunter.

Der großen Herde folgte der Reisende mit einigen Eingeborenen mehrere Tage, durch unverkennbare Spuren auf ihrer Fährte erhalten. Endlich erreicht er sie auf einem Höhenzuge. Er fühlt, sie sind nahe, sein Herz pocht heftig vor Erregung, doch ist noch kein Laut vernehmbar, und der Wald erscheint wie ausgestorben. „Da plötzlich — schildert er — heftet sich mein Auge an eine Blättermasse, die sich bewegt, und keine 10 Meter vor mir taucht darunter der Rücken eines Elefanten auf, und der eines zweiten, dritten und vierten Tieres wird sichtbar. Da zupft mich einer meiner Begleiter am Rockärmel und deutet bloß auf die linke Seite, und hier gewahre ich jetzt in bedenklicher Nähe Elefant an Elefant, einen hinter dem anderen den Höhenzug hinabschreiten. Einigemal wurden einzelne Gadjas aus der Linie gedrängt und kamen dabei unserem Standplatze so nahe, daß ich mehrmals die Büchse in Anschlag brachte, allein ohne zu schießen, da ich mir fest vorgenommen hatte, vor allem zu beobachten und nur im Notfalle von der Büchse Gebrauch zu machen. Denn ich sagte mir, daß ich wohl nie wieder solch ein imposantes Schauspiel, das sich ja erst zu entwickeln anfing, zu beobachten bekommen würde; stand ich doch mit meinen Führern so günstig direkt zwischen zwei Trupps Elefanten, daß wir das Austreten sämtlicher Stücke aus dem Walde in die Grasfläche überblicken und ich sie mit Hilfe meiner Leute zählen konnte. Solange die Elefanten die Wald-

halde hinunterstiegen, geschah dies fast ohne Geräusch; aber in dem Moment, als die Leitelefanten unten aus dem Walde heraustraten und nichts Verdächtiges witterten, fing ein Getöse dieser riesigen Herde an, das unbeschreiblich ist, denn nun drängten alle Tiere rasch vorwärts. Sie schienen alle Vorsicht vergessen zu haben; die Erde erzitterte jetzt unter ihren Tritten; das Knacken des Unterholzes, das Kollern der Luft in den Eingeweiden, das langgedehnte Atmen, vermischt mit dumpfem Brüllen oder dem gellenden Schrei einzelner Elefanten, verursachte einen betäubenden Spektakel." Auf der Ebene zerstreute sich die Herde, um Gras, Laub, Baumrinde, die mit Hilfe der Stoßzähne abgeschält wird, zu verzehren.

Schneider hebt immer wieder hervor, wie leise und leicht, wie auf Gummischuhen, diese Tierkolosse sich fortbewegen können, so daß man sie selbst in nächster Nähe nur mit größter Aufmerksamkeit bemerkt. Wenn sie einen Menschen wittern oder sonst wie erschreckt werden, so stößt das die Gefahr zuerst bemerkende Tier einen gellenden Warnungsschrei aus, unter Anführung des Leitelefanten fällt die ganze Herde in einen scharfen Trab und wird flüchtig. Die Elefanten scheinen sich beim Schlafen nicht niederzulegen. Schneider fand sie um 7 Uhr morgens, einmal um 9 Uhr, schlafend, und zwar immer stehend. Während des Schlafens bewegen sie den Kopf bei jedem Atemzuge langsam, aber regelmäßig auf und ab. Um die heiße Mittagszeit trifft man sie fast immer in dem sumpfigsten und für Menschen unzugänglichsten Terrain, nachts dagegen ziehen sie viel umher und das gewaltige Trompeten der Tiere ist um diese Zeit doppelt imposant.

Sehr große alte Bullen, die oft einsiedlerisch leben, werden von den Eingeborenen Gadja tungal, d. h. Wimpelelefant, genannt, wegen des wimpelartigen, aus langen, schwarzen Borsten bestehenden Schwanzendes. Diese Borsten erreichen eine Länge von 27 Zentimetern und eine Dicke von 2 bis 3 Millimetern. Schneider befreite durch einen guten Treffer einmal einen einsam wohnenden Malaien von einem solchen bösartigen Einsiedler, der ihm schon seit Monaten seine Ananaspflanzungen schrecklich verwüstete.

Auffallend war es, daß der Reisende nur wenige Elefanten mit großen Stoßzähnen und nur ein Exemplar mit auffallend langen getroffen hat. Vermutlich sind in früherer Zeit die alten Bullen mit starken Zähnen sehr der Verfolgung ausgesetzt gewesen. Der längste von Schneider gemessene Zahn hatte im Bogen 144 Zentimeter, sein Gewicht betrug 8 Kilogramm. Ein ganz riesiger Zahn, der den afrikanischen an Größe nicht nachsteht und aus Deli stammt, befindet sich im Museum zu Batavia. Die Malaien sind verpflichtet, die Stoßzähne aller von ihnen erbeuteten Elefanten dem Landesfürsten abzuliefern. Sie quälen sich deshalb nicht viel mit dieser Jagd auf ihn ab und erbeuten nur hie und da einen Elefanten in der Fallgrube. Die Orang Mamma dagegen, ein Eingeborenenstamm, verfolgen die Tiere eifriger; sie greifen sie mit dem Speer an, den sie dem Elefanten mit größter Kraft zwischen die Rippen stoßen, lassen das so verwundete Tier mit der Waffe im Leibe einfach laufen und sich langsam verbluten; nach zwei bis drei Tagen finden sie es fast sicher tot. Aus dem Elefantenbein schnitzen die Mammas ihre Messer- und andere Griffe und Geräte. Die Maße eines von Schneider erlegten Männchens betrugen: Totallänge von der Rüssel- bis zur Schwanzspitze, 5·53 Meter, die Schulterhöhe 2·49 Meter, der Körperumfang 3·62 Meter, die Rüssellänge 1·45 Meter.

Im Anschluß an diese Angaben über den asiatischen Elefanten und die Angaben des vorigen Jahrbuches über den afrikanischen (S. 192) sei der interessanten Nachricht Prof. Th. Noacks über eine Zwergform des afrikanischen Elefanten gedacht.*) Dieses im Sommer 1905 aus Französisch-Kongo bei Hagenbeck eingetroffene Tier unterschied sich nicht nur von den beiden von Prof. Matschin aufgestellten Varietäten des afrikanischen, sondern von allen lebenden Elefanten dadurch, daß es eine Zwerg-, nicht aber eine Verkümmerungsform ist.

Das in der Schulter 120 Zentimeter hohe Tier hat die Größe anderthalbjähriger junger afrikanischer Elefanten, ist aber nach der Schätzung Hagenbecks, der eine Autorität für Elefanten ist, etwa 6 Jahre alt. Diese Schätzung gründet sich darauf, daß dieser Zwergelefant bereits etwa 12 Zentimeter weit hervorragende, verhältnismäßig starke, scharf zugespitzte, ganz nach außen und schräg nach unten, nicht nach vorn gerichtete Stoßzähne besaß. Auf der Photographie des gleich großes Elephas cyclotis (afrik. Kreisohrelefant) ist vom Stoßzahn erst ein kleiner, kaum sichtbarer Stummel, auf der des E. oxyotis (Spitzohrelefant) überhaupt nichts zu bemerken.

Die Unterschiede der Zwergform von den gleichgroßen jungen Afrikanern sind beträchtlich. Die Entwicklung des Vorderbeines ist die eines älteren, nicht eines einjährigen Elefanten. Die Körperform war, abgesehen von dem langen, auffallend dünnen Schwanz, bis zur Schulter der des von Dr. Heck abgebildeten jungen Kameruner Elefanten (siehe Lebende Tiere, S. 116) gleich, wich aber vom Halse an bedeutend ab.

Der Zwergelefant trägt den Kopf erheblich tiefer, dieser ist anders geformt, und die Gestalt des Ohres weicht von der aller bekannten afrikanischen Elefanten ab; auch ist es auffallend klein. Die Haut der Zwergform ist viel glatter und weniger gefaltet als bei den beiden großen afrikanischen Formen, besonders entbehrt der Rüssel fast ganz der für den afrikanischen Elefanten charakteristischen Querfalten, so daß er dem des asiatischen ähnlich sieht. Leider ist dieses erste Exemplar des Elephas pumilio, wie Prof. Noack ihn benannt hat, nach Amerika verkauft worden.

Kehren wir nach dieser Abschweifung noch einen Augenblick zu den übrigen Dickhäutern Javas zurück. Unter ihnen ist das gefährlichste das sumatranische Rhinozeros (Diceorhinus sumatrensis), das gleich dem afrikanischen den Menschen, ohne gereizt zu sein, angreift (siehe Jahrb. IV, S. 193). Beim Ansturm bewegt es den Kopf auf

*) Zoolog. Anzeiger, Bd. 29, Nr. 20 (1906).

und ab und reißt mit seinen beiden Hörnern Furchen im Boden auf. Die Chinesen zeigten sich gelegentlich einer Nashornjagd wieder einmal als richtige Gourmands. Sie erbaten sich von Schneider, den sie beim Abbalgen unterstützt hatten, den Magen des Rhinozeros, schnitten ihn auf und entnahmen ihm den Inhalt, eine große, spinatartig aussehende Masse, die sie direkt neben dem Kadaver in ihren Töpfen kochten und verzehrten, wie die Eskimos im hohen Norden den Inhalt des Renntiermagens, behauptend, es schmecke ausgezeichnet.

oder zwei Ruten schräg in die Erde steckt. Trotzdem wäre Schneider einmal fast in eine solche Grube gestürzt und sicher auf dem spitzen Pfahl in der Mitte gespießt worden. An Schweinen traf der Reisende das Bindenschwein (Sus vittatus) und ein Warzenschwein (Sus barbatus); ersteres greift den Menschen an.

Zwei Moschustiere, der Muntjac oder Kidjanghirsch, der schon erwähnte Rusahirsch, zu dessen Erbeutung die Malaien eines Beschwörungs- oder Zauberspruches sich bedienen,



Der Gemsbüffel.

So wenig dem Elefanten, so stark wird dem Nashorn auf Sumatra nachgestellt; dem geschabten Rhinozeroshorn sowie aus solchem Horn gearbeiteten Trinkbechern und Schalen wird die geheimnisvolle Eigenschaft zugeschrieben, daß es aufschäume, sofern giftige Stoffe damit in Berührung kommen, daß es also vor Vergiftung bewahren könne. Da nun viele Fürsten der Gegend in beständiger Furcht vor Vergiftungen leben, so steht Rhinozeroshorn hoch im Preise, und die Eingeborenen stellen den Tieren mittels Fallen eifrig nach. Doch scheint es auf Sumatra noch lange nicht so selten zu sein wie auf der Malaiischen Halbinsel, wo es nach L. Wray überaus selten geworden ist. Die Tiere werden auf ihren Wechseln in verdeckten tiefen Grubenfallen gefangen, und die Malaien rühmten sich, auf diese Weise allein in und um Dindings (auf Malakka) gegen 50 Stück erbeutet zu haben.

Wie die Nashörner werden auch die Tapire auf Sumatra in Fallgruben gefangen, in deren Nähe man, damit kein Mensch hineingerate, ein

die schwer zu treffende Waldziegenatilope (Nemorrhaedus sumatrensis) und der wohl nur verwilderte Kerabanbüffel sind die Vertreter der Wiederkäuer. Den letzten Vertreter der reichen sumatranischen Säugetierfauna bildet ein Schuppentier (Manis javanica), das die Palmwein liefernden Zuckerpalmen, wenn sie angeschnitten sind, erklettert, allerdings nicht, um sich von dem Safte zu berauschen, sondern um die durch ihn herbeigezogenen Insekten zu erbeuten.

Tierwelt und Erdgeschichte.

Im Vergleiche mit der reichen Tierwelt, die auf der Insel Sumatra und nicht nur auf ihr, sondern auch in Java und Borneo ähnlich auftritt, muß die Armut der Fauna, wenigstens der höheren, und der teilweise ganz andere Charakter der Tierwelt auf der vierten der großen Sundainseln, auf Celebes, auffallen. Die Naturforscher Paul und Fritz Sarasin, welche dieses merkwürdig gestaltete

Stück Erde jahrelang kreuz und quer durchstreift haben, erzählen uns in ihrem prächtigen Reisewerk *) nichts von Elefanten und Orang-Utans, Tigern und Rhinozerossen, Panthern, Tapiren und Bären und all den anderen merkwürdigen Vertretern der Säugetierwelt, die im vorigen Abschnitt genannt sind. Abenteuer kann man in Celebes höchstens bei der Begegnung mit Menschen erwarten; denn gefährliche Arten wilder Tiere besitzt das riesige Eiland nicht, abgesehen von halbwilden Büffeln, die zwar den dunkelhäutigen Eingeborenen ganz unbehelligt vorübergehen lassen, durch das helle Gesicht des Europäers aber erschreckt und gereizt werden.

An Affen sind auf Celebes der schwarze Pavian, und zwar auch in einer bräunlichen Abart (Cynopithecus niger nigrescens Temm.) sowie verschiedene Makaks (z. B. Macacus maurus) zu finden, die es gar nicht eilig haben, ihren Standort vor dem heranrückenden Europäer zu räumen. Außer ihnen sind vor allem Huftiere als Vertreter der Säugetierklasse auf der Insel zu finden. Hier ist bekanntlich die Heimat des Hirschebers (Babirusa alfurus), jener merkwürdigen Schweineart, bei der die Hauer des Oberkiefers nach oben wachsend die Oberlippe durchbohren und wie zwei Gemshörnchen dem Kopfe des Tieres aufsitzen, ihm ein ungemein wunderliches Aussehen gebend. Auch eine eigene Wildschweinart (Sus celebensis) besitzt die Insel. Der dritte Vertreter der Huftiere ist der Gemsbüffel (Anoa depressicornis), der Waldochse der Malaien, der besonders in den unzugänglichen Höhen der Gebirge weilt und seinen Namen mit Recht trägt. Er ist das kleinste, nur etwa 1 Meter Höhe erreichende Rind und zeichnet sich durch dreikantige, geringelte, dicht über den Augen stehende Hörner aus. Seine nächsten Verwandten sind die Büffel, mit denen er die tonnenartige Rumpfform, die schwache Behaarung und die große, nackte Muffel teilt, während er sich den Antilopen durch seine Zeichnung, die geraden Hörner, die verhältnismäßig dünnen Beine und den Bau des Hinterkopfes nähert. Er liebt Wasser und Schatten und bewohnt deshalb mit Vorliebe die dichten, feuchten Gebirgswaldungen der Insel. — Der erst seit 100 Jahren eingeführte Molukkenhirsch hat sich auf Celebes stark vermehrt.

Daß die ganz in Südostasien verbreiteten Pelzflatterer auch auf unserer Insel durch zahlreiche Arten vertreten sind, kann bei ihrer Flugfertigkeit nicht auffallen. Unter ihnen schildern unsere Reisenden einen, nennen wir ihn den bunten Flederhund (Uronycteris cephalotes), als durch seine Farbe besonders auffallend. Kopf und Leib sind rötlich, die Flügel gelblichgrün oder graugrün, Augen und Schnauzenränder schwefelgelb gefärbt; ebenso sind Ohren und Finger schwefelgelb gefleckt. Wenn das Tier aber in seine Flügel gewickelt an einem Zweige hing, so war es vom umgebenden Blattwerk kaum zu unterscheiden, und es läßt sich wohl denken, daß die grüne Farbe dem tagsüber schlafenden Flederhund einen gewissen Schutz vor Feinden gewähren mag, obschon freilich zahlreiche andere und individuenreichere Arten eines solchen Vorteils entbehren. Die Eingeborenen fangen die Flederhunde in der Nacht an Fruchtbäumen mittels eines Netzes, das zwischen zwei langen Bambusstangen ausgespannt ist. Das Netz wird auf den Baum geschlagen und dann durch Annäherung der beiden Stangen geschlossen.

Die bei weitem auffälligsten Bewohner der Insel Celebes sind aber die dort lebenden Beuteltiere. Der schwarze Kuskus (Phalanger ursinus) scheint sehr häufig zu sein und wurde den Reisenden oft gebracht. Es sind apathische Wesen, die sich nicht leicht aufregen, mit langsamen, menschenartigen Bewegungen. Wenn so ein Tier stundenlang an einem Stocke festgebunden hergeschleppt war und dann aus seiner Zwangslage befreit wurde, begann es sofort zu fressen, als ob nichts geschehen wäre. Gereichte Bananen nahm es mit der Hand entgegen. Die beiden Forscher hielten längere Zeit ein Weibchen mit einem Jungen — sie scheinen stets nur eines zu haben — und fütterten sie mit Reis, Eiern und Baumblättern. Nachts schliefen sie mit eingerolltem Kopfe, während sie am Tage munter waren. Der Darm dieser Tiere, namentlich der enorme Blinddarm, ist oft mit Massen weißer Bandwürmer angefüllt, welche die Eingeborenen als Leckerbissen betrachten.

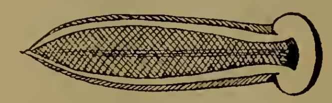
Weit reicher und anziehender ist die Vogel- und Insektenfauna der Insel, die den beiden Reisenden Stoff zu höchst interessanten Beobachtungen bot. Einer der merkwürdigsten Celebesvögel ist das zu den Großfußhühnern oder Megapodiden gehörige Maleohuhn (Megacephalon maleo). Das in Größe einem kräftigen Fasan gleichkommende Tier trägt auf dem nackten schwarzen Kopfe nach hinten zu einen kugelförmig aufgeblasenen Helm. Das Gefieder ist glänzend dunkelbraun mit Ausnahme von Brust und Bauch, die weiß sind mit einem prächtigen darüber ergossenen hellrosenroten Tone. Merkwürdig groß und schwer sind die Eier des Vogels: etwa 100 Millimeter in der Längsachse und bis 225 Gramm schwer. Sie werden während des größten Teiles des Jahres gelegt und kommen viel auf den Markt.

Es war längst bekannt, daß die Maleos ihre Eier nicht ausbrüten, sondern im schwarzen, durch die Sonne sich erhitzenden vulkanischen Sand der Meeresküste große Gruben von 3 bis 4 Fuß Tiefe graben, darin ihre Eier ablegen und diese mit einer Sandschicht zudecken. Die Sonnenwärme brütet dann die Jungen aus, die sich so weit entwickeln, daß sie direkt aus dem Eie ins Leben hineinfliegen können. Im Innern des Landes dagegen machen diese Hühner sich eine andere Wärmequelle zu nutze, um ihre Eier zur Entwicklung zu bringen, nämlich die Wärme warmer Quellen. Die Reisenden haben in beträchtlicher Höhe über dem Meere mehrfach Maleoeier aus solchen durch das heiße Quellwasser erwärmten Erdgruben geholt. — Eine dritte Wärmequelle benützt ein zweiter Vertreter dieser vornehmlich australisch-papuasischen Tierfamilie, der viel kleinere Megapodius Cummingi, von einförmig braunem und grauem Gefieder und roter Kopfhaut. Dieser häuft um das Wurzelwerk großer Bäume Massen von Erde, Steinen, Zweigen und

*) Reisen in Celebes, 2 Bände, Wiesbaden 1905.

Blättern auf; tief in diese Haufen hinein vergräbt er seine Eier und überläßt es der Verwesungswärme der organischen Stoffe, sie zur Entwicklung zu bringen.

Unter den wirbellosen Tieren verdienen manche eigenartige Formen hier wenigstens Erwähnung. Die Forscher trafen auf den Sträuchern ihres Gartens eine Art der schon im vorigen Jahrbuche (Jahrg. IV, S. 150) erwähnten Weberameisen (Oecophylla smaragdina celebensis) an der Arbeit, mit Hilfe des Spinnsaftes ihrer Larven ein Blattnest zu weben. Sehr auffallend war die große Anzahl von Gespenstheuschrecken, welche in der Waldschlucht des Boneflusses das Laub bewohnten. Jede Form ahmte in immer neu überraschender Weise die Eigentümlichkeiten der Vegetation nach. Schnecken und Landplanarien fanden sich zahlreich. Letztere, von denen vorher kein einziger Vertreter von der Insel Celebes bekannt war, wurden von den Reisenden hier zuerst entdeckt, und zwar in Gestalt des an feuchten Stämmen kriechenden firnisbraunen Bipalium Layardi mit



Eine Landplanarie.

halbmondförmigem Kopfschild. Im Laufe ihrer vielen Reisen haben sie dann 22 Arten zusammengebracht, von denen 20 der Insel eigentümlich sind. Dem Leser werden die einheimischen Formen dieser Strudelwürmer durch ihre enorme Regenerationsfähigkeit noch in Erinnerung sein (siehe Jahrb. II, S. 166). Der Kopfschirm der Bipalien, von dessen Rand feinste Papillen vortreten, dient ihnen zugleich als tastende Hand und als lichtempfindendes Organ. Bei einem Biwak in der Höhe von 960 Metern erbeuteten die Forscher einen gewaltig großen Regenwurm, eine jener blauschimmernden Riesenperichäten (Amyntos jampeanus), wie man ähnliche Arten in vielen tropischen Ländern findet. Wenn sie das Tier berührten, spritzte es aus den Rückenporen seines Hinterendes einen offenbar giftigen Saft hervor auf eine Entfernung von gut einem halben Meter.

Neben ihrer eigenartigen Tierwelt weist die Insel Celebes auch manche Pflanzen auf, die der Flora Südostasiens fremd und in anderen Florengebieten beheimatet sind. Es sei hier nur der Onkobaum erwähnt, eine Eukalyptus- oder Blaugummibaumart, also ein Mitglied einer Gattung, deren Heimat Australien ist. Zur Erklärung dieser so merkwürdig zusammengesetzten, auf die verschiedensten Nachbarländer deutenden Lebewelt ist es nötig, einen Augenblick bei der Bildungsgeschichte von Celebes zu verweilen.

Die Vettern Sarasin weisen nach, daß die Insel Celebes eine verhältnismäßig junge Bildung ist; im Frühtertiär war sie, wie die ausgedehnten Kalkschichten aus jener Zeit beweisen, von einem untiefen Korallenmeer bedeckt. Die Auffaltung der Gebirge scheint erst in der Miozänzeit begonnen zu haben, indem die Sande und Tone dieser Zeit in ihren Einschlüssen die Existenz eines festen Landes verraten. In diese Periode dürfte auch die erste Besiedlung des neugebildeten Celebes zu setzen sein, und zwar von der asiatischen Seite her. In jeder Tiergruppe gibt es eine Anzahl altertümlicher Gestalten, welche dieser ersten Besiedlungsschicht angehören dürfte, unter den Säugetieren z. B. der Babirusa, unter den Weichtieren gewisse altertümliche Schneckenformen des im Herzen der Insel gelegenen Possosees.

Die fortschreitende Hebung der Insel und mit ihr des ganzen umgebenden Archipels, im Miozän beginnend und im Pliozän mehr und mehr sich steigernd, führte zu einer Periode ausgedehnter Landverbindungen, auf deren Existenz aus der Zusammensetzung der Inselfauna mit Notwendigkeit geschlossen werden muß. So war Nordcelebes durch eine Landbrücke über Sangi mit den Philippinen, speziell mit Mindanao, verbunden, Südcelebes mit Ostjava und den kleinen Sundainseln, insbesondere mit Flores, endlich Ostcelebes mit den Molukken und auf diesem Wege weiter mit Neuguinea und dem Festland Australien.

Auf allen diesen Landverbindungen fand Tier- (und wohl auch Pflanzen-)Wanderung nach Celebes und von Celebes ausgehend statt. So wanderten beispielsweise javanische Tiere nach Celebes und weiter über die Molukkenbrücke nach Osten oder philippinische Tiere südwärts über Celebes bis Flores oder australische und neuguinensische Formen über die Molukkenbrücke nach Celebes und von dort nordwärts nach den Philippinen. Viele Wanderer machten auch auf Celebes halt, ohne sich weiter zu verbreiten.

Viele der so nach Celebes gelangten Arten bildeten sich im Laufe der Zeit zu neuen Spezies, selbst zu neuen Gattungen um, deren Herkunft dann nur aus der Verbreitung der nächst verwandten Formen erschlossen werden kann. Ein anderer Teil blieb unverändert, als ein lebendes Zeugnis einstmaliger Landverbindung.

Von besonderer Wichtigkeit für die Feststellung früherer Landbrücken sind die Arten, die Celebes mit einem der genannten Gebiete ausschließlich gemein hat, ohne daß sie eine weitere Verbreitung im südostasiatischen Archipel besäßen. Diese können eben nur auf einer direkten Landverbindung nach diesem Gebiete hin die Insel erreicht haben. Solche ausschließlich gemeinsame Arten besitzt Celebes sowohl mit Java als auch mit den kleinen Sundainseln, den Philippinen und Molukken. Tierarten, die als Flieger oder Schwimmer zu ihrer Verbreitung des festen Landes nicht bedürfen, kommen natürlich bei solchen Feststellungen nicht in Betracht.

Eine merkwürdige Stellung nimmt Celebes zu seinem größten Nachbar, Borneo, ein. Wohl besitzen die beiden Inseln gemeinsame Tierarten, aber alle diese kommen auch auf Java und den Philippinen vor und können auf einem dieser beiden Wege Celebes erreicht haben. Dagegen gibt es keine Tierart, welche Borneo und Celebes ausschließlich eigentümlich wäre und den Schluß auf eine direkte Landverbindung zwischen ihnen erlaubte. So schmal auch die Borneo und Celebes trennende Makassar-

straße ist, so stellt sie doch einen Meeresabschnitt von großer Bedeutung dar.

Mit dem Ende der Pliozänzeit oder im Beginne des Pleistozän geschah wohl die Auflösung der pliozänen Landverbindungen infolge von Einbrüchen einzelner Stellen der Erdkruste. Ja es ging sogar schließlich die Untertauchung noch weiter, als es heute der Fall ist. In dieser der Gegenwart unmittelbar vorhergehenden Erdperiode war z. B. Südcelebes an der Stelle der heutigen Tempesenkung von einem Meeresarme quer durchschnitten. Dieser Überflutung durch das Meer gehören die zahllosen Meermollusken an, welche die Strandhügel des Meeres bis zu 100 Meter und mehr Höhe besäen. Außerdem aber hat dies pleistozäne Meer bei seinem nachherigen Zurücksinken in den harten Kalkstein ufern mehrere durch seine Brandung ausgekehlte Strandlinien zurückgelassen, von denen die Reisenden an der Südwesthalbinsel fünf übereinander liegende, mit Einschluß der untersten, vom heutigen Meere ausgefressenen, erkennen konnten. Die höchste von ihnen mag bei etwa 100 Meter liegen. Es macht den Eindruck, als ob ein ruckweises Absinken des Meeresspiegels stattgefunden habe.



Heutige und darüber zweite Strandlinie an den Kalkfelsen südlich von Kap Tiro.

Höchstwahrscheinlich hat auch der Mensch die Landbrücke zu seiner Verbreitung benützt. Der von den Herren Sarasin geführte Nachweis kleinwüchsiger, Wedda-artiger Urstämme (Toala) auf der Insel spricht dafür, daß die erste menschliche Besiedlung auf dem Landwege stattgefunden hat (siehe Jahrb. II, S. 301)..

Die Anteile, welche die vier Landverbindungen, die Javabrücke, die Philippinenbrücke, die Molukkenund endlich die Floresbrücke, zur Fauna von Celebes geliefert haben, verhalten sich ungefähr wie 4:3:2:1. Es erhellt hieraus deutlich das Überwiegen der javanisch-philippinischen, also der asiatischen Verwandtschaft, gegenüber der molukkisch-australischen, welche letztere allerdings, an Tieren weit ärmer als die asiatische, auch weit weniger Einwanderer zu stellen vermochte als jene. Daneben sind aber noch 25% der celebensischen Tierwelt weitverbreitete Arten oder einheimische Arten von weitverbreiteter oder unsicherer Verwandtschaft, für welche die Einwanderungsroute nicht genau zu bestimmen war.

Zusammenfassend läßt sich also die Tierwelt von Celebes bezeichnen als eine verhältnismäßig moderne Mischfauna aus vier benachbarten Gebieten, Java, den Philippinen, den kleinen Sundainseln und den Molukken, wobei der javanisch-philippinische Charakter überwiegt, vergesellschaftet mit Resten einer älteren Einwanderungsschicht.

In den Tiefen der Salzflut.

Als berufenen Führer, wenn wir einmal wieder einen Blick in die Wunder der unermeßlichen Salzflut tun wollen, bietet sich uns Prof. Viktor Hensen an. In einem Vortrage über die Biologie des Meeres*) entrollt er uns ein Bild von dem augenblicklichen Stande der Meeresforschung, ein Bild, dem wir die neuen Entdeckungen der jüngsten Zeit bequem anfügen können.

Ziehen wir in Betracht, daß die Wasseroberfläche der Erde etwa zweimal größer ist als die

*) Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde, Bd. 1, Heft 3 (1906).

Festlandsoberfläche, so entsteht im Geiste des Forschers und des Volkswirtes die Frage, wie sich das Verhältnis der Produktion zwischen Land und Meer stellt. Das Meer scheint nicht nur nach seiner Ausdehnung als der begünstigtere Teil, sondern auch durch größere Gleichmäßigkeit seiner Temperatur und die Unmöglichkeit eintretender Dürre bevorzugt. Eine die Verhältnisse des von menschlichen Kultureingriffen noch unberührten Festlandes überfliegende Betrachtung ergibt, daß das wilde Land einen sehr großen Bestand an Pflanzen bei einer verhältnismäßig geringen Tierbevölkerung trägt. Im Meere tritt demgegenüber eine völlig andere Art des Lebensgetriebes sehr deutlich hervor.

Das Pflanzenleben der Meere ist recht dürftig. Seegras, Tange und moosartige Gewächse finden sich nur dort, wo sie festen Fuß fassen können und wo die Tiefe noch gering genug ist, um Licht hinunterdringen zu lassen. Die selbst auf der Hochsee treibenden erheblichen Mengen von Wasserpflanzen (Sargasso) zeigen nirgends ein Wachstum; sie sind von ihrem Standorte losgerissen und im Untergang begriffen; denn da sie beim Treiben in nahezu derselben Wassermasse dauernd verharren, genügen die allmählich zu spärlich gewordenen Nährstoffe nicht mehr, und die Pflanzen müssen verhungern.

Außer diesen ausgebildeteren Gewächsen treten im Seewasser bisweilen in großen Mengen sehr winzige, nur mikroskopisch sichtbare, aus kleinen Kügelchen oder auch Fäden bestehende Pflänzchen auf: wenn sie sich in stillen Buchten mit brakigem Wasser längere Zeit auf der Oberfläche halten, sagt man: das Wasser blüht. Der sehr geringe Nahrungsbedarf dieser mikroskopischen Organismen dringt leicht durch ihre verhältnismäßig große Oberfläche, daher können so kleine Pflanzen in einer wenig veränderten Wassermasse treiben, ohne zu verhungern. Dazu kommt, daß manche dieser Pflanzen einen Teil ihres Inhalts auf die Oberfläche ihres Körpers ergießen können, andere ihre Oberfläche durch lange hohle Fortsätze vergrößert haben. Einige besitzen bewegliche Geißeln, die wie Ruder wirken und ihnen gestatten, fortwährend in frisches Wasser hineinzuschwimmen. Pflanzen dagegen, die nach Art der Wasserlinsen auf unseren Süßwasserteichen auf der Oberfläche schwimmen und ihre Wurzeln ins Wasser tauchen, finden sich im Ozean nicht. Weshalb nicht, vermag Prof. Hensen nicht zu erklären.

Die Tierwelt des Meeres umfaßt Lufttiere, Bodenbewohner und umhertreibende (vagierende) Tiere Erstere bleiben hier außer Betracht. Die Bodenbewohner sitzen teils fest, wie die Korallen und Schwämme, teils sind sie auf das Kriechen am Boden angewiesen, wie Schnecken, Würmer, Schlangensterne, teils bewegen sie sich suchend über den Boden hin, wie manche Fische und höhere Krebsarten. Flohkrebse kommen sehr zahlreich in beträchtlichen Tiefen am Meeresgrunde vor. Da nun sehr wenige Tiere von Küstenpflanzen leben, in der lichtlosen Tiefe aber jegliches höhere wie niedere Pflanzenleben ausgeschlossen ist, so war es lange ein Rätsel, wie jene Bodentiere sich dort ernähren könnten. Zur Lösung dieses Rätsels haben Prof. Hensens Untersuchungen in erster Reihe beigetragen.

Schon vor etwa 60 Jahren hatte der ausgezeichnete Forscher Johannes Müller gefunden, daß man mit sehr dichtem Kätscher von der Oberfläche des Meeres eine Menge kleiner Tiere und Pflanzen fangen könne. Seit seiner Zeit haben sich mit dem „philosophischen Dreck", wie er diese Fänge bezeichnete, weil eben nur Naturphilosophen Interessantes darin finden könnten, sehr viele Forscher beschäftigt, ihre Bedeutung für das Leben im Meere ist vor allem durch Hensen erkannt worden. Die in dichten Netzen gefangenen Organismen sind so winzig, daß sie fast ohne Eigenbewegung treibend den Strömungen und Wellenbewegungen folgen. Man hat sie deshalb als das Treibende oder mit technischem Ausdruck als Plankton bezeichnet.

Von den größten Tierformen der Erde, den Walen, aus findet sich im Meere eine Stufenfolge aller Größen, die dadurch ihre Grenze findet, daß mehr oder weniger frühzeitig auch die Pflanzen zur Nahrung herangezogen werden. Diese können sich nicht wehren, daher brauchen sie kaum kleiner zu sein als die Fresser, und damit hört die Stufenfolge der Kleinheit auf. Prof. Hensen ist der Ansicht, daß, wenn es glücken sollte, den Verbrauch oder die Erzeugung der Nahrungspflanzen, also namentlich gewisser Planktonpflanzen, festzustellen, dadurch die Masse der Tiersubstanz im Meere bestimmt oder wenigstens umgrenzt werden könne.

Es wird vom Plankton recht tüchtig gezehrt, denn die sinkenden und abgestorbenen Massen bilden, soweit ersichtlich, die Nahrung auch der Tiefseetiere; dennoch entgehen viele Planktonorganismen dem Gefressenwerden, denn der Boden des Meeres ist dicht bedeckt mit den Schalen und Häuten der sinkenden Massen.

Vor Prof. Hensens Untersuchungen ging die Ansicht der biologischen Meeresforschung dahin, daß die Organismen des Meeres in Schwärmen oder als Ströme auftreten, zwischen denen das Wasser leer sei. Das hat sich als irrtümlich erwiesen. Stichproben und an ihnen vorgenommene Zählungen ergaben zunächst, daß in der westlichen Ostsee gleichzeitig und in gleich salzigem Wasser eine fast gleiche Anfüllung des Meeres mit Planktonorganismen nahezu gleicher Mischung vorhanden ist. Dieses Resultat hat sich für die Ozeane im großen ganzen bestätigt. Die Hauptmasse des Planktons fand sich hier in Tiefen bis 200 Meter, kam das Netz vom Grund auf, so war der Fang nicht erheblich größer. Man braucht also, um ein ungefähres Bild von dem Verhalten des Planktons im Ozean zu erhalten, nicht sehr tief zu fischen, wodurch viel Zeit gewonnen wird.

Bei der Planktonexpedition Prof. Hensens, die sich von der Südspitze Grönlands bis über den Äquator erstreckte, hat sich die Erwartung, eine sehr gleichmäßige Verteilung des Planktons zu finden, durchaus bestätigt. Es zeigte sich zugleich, daß die Masse, die Mischung und die Art der Planktonorganismen nicht lediglich von der Breitenzone abhängt, sondern daß auch die ozeanischen Strömungen erheblichen Einfluß darauf haben. Diese Strömungen laufen oft längs beträchtlicher Küstenstrecken

und nehmen dort gut gedüngtes Küstenwasser auf; dieses vermehrt den Pflanzenwuchs und damit überhaupt die Dichte des Planktons. Was die Masse des Planktons anbetrifft, so ist bisher ermittelt, daß unter einem Quadratmeter Ozeanoberfläche 50 bis 1000 Kubikzentimeter, meistens zwischen 70 und 200 Kubikzentimeter Masse schweben.

Überraschenderweise ist die Planktonmasse in dem warmen Wasser der Tropenregion durchgehends bedeutend geringer als in den kalten Teilen der Ozeane. Also nicht, wie auf dem tropischen Festlande, vermehrt, sondern vermindert ist hier die Pflanzenmasse. Eine ganz sichere Erklärung dieser Erscheinung scheint noch nicht gegeben.

Es findet im Plankton sehr rasch ein Wechsel der Zeugung und der Zusammensetzung nach Arten statt. Im April zum Beispiel waren in der Ostsee in jedem Fingerhut voll Wasser Hunderte von Organismen enthalten, später erscheint sie wieder arm an Plankton. Was die jährliche Planktonerzeugung anlangt, so ist der Jahresertrag einer Fläche Ostsee an organischer Substanz so groß oder noch größer als der Ertrag einer gleich großen Wiesen- oder Ackerfläche, ganz abgesehen davon, daß vielleicht mehr als die Hälfte der Organismen infolge ihrer Kleinheit durch die Maschen des Netzes schlüpft und der Schätzung entgeht. Diese Forschungen, die erst seit etwa 20 Jahren wissenschaftlich genau und mit größeren Mitteln betrieben werden, mögen künftig dem Menschen vielleicht die Lösung der Aufgabe ermöglichen, auch das wilde Meer einer gewissen Kultur zu unterwerfen.

An der Hand des Materials der deutschen Tiefseeexpedition gibt G. Karsten einen interessanten Bericht über die pflanzliche Schwebeflora, das Phytoplankton des antarktischen Meeres.*) Es besteht vorwiegend aus der Familie der Kieselalgen oder Diatomeen und unterscheidet sich nach seiner senkrechten Verteilung etwas von dem Pflanzenplankton des arktischen Meeres. Während hier die größte Masse immer oberhalb 40 Meter Tiefe zu finden ist und das Phytoplankton unterhalb 50 Meter meistens in sehr geringfügiger Menge auftritt, nimmt es in der antarktischen See zwar bis zu 40 Meter Tiefe an Masse dauernd zu, bleibt dann aber von 40 bis 80 Meter auf der maximalen Höhe stehen und fällt nun erst rasch ab. Welche physischen Verhältnisse diesen Unterschied in den beiden Eismeeren bedingen, scheint noch nicht festgestellt zu sein. Im südlichen Eismeer enthält die obere Schicht von 200 Metern fast allein die Hauptmasse der lebenden Pflanzen. Die absterbenden Zellen dieser dicken lebenden Schicht müssen in größere Tiefen hinabfallen. Sie gleichen einem dichten und anhaltenden Regen, der zunächst bis zu etwa 400 Meter Tiefe noch mit zahlreichen lebenden Elementen durchsetzt ist.

Zwischen dem Phytoplankton der oberen Schichten bis zu 60 Meter Tiefe und dem dann folgenden Tiefenplankton besteht aber auch ein Unterschied hinsichtlich der Gattungen, von denen ganz bestimmte mit ihren Arten nahe der Oberfläche bleiben, während andere, darunter besonders die Coscinodiscusgattungen, in größerer Tiefe unbestritten herrschen. Das antarktische Oberflächenplankton ist in außergewöhnlicher Einförmigkeit und Gleichmäßigkeit über die ungeheure Meeresfläche verteilt; während in ihm wenige Arten den Charakter des Planktons beherrschen, wurden in den tieferen Schichten meistens sehr viele Arten, aber von jeder stets nur wenige Individuen gefunden. Diese Arten zeigten eine ziemlich große Unempfänglichkeit gegen Lichtmangel, besonders die Coscinodiscusgattungen, während das Oberflächenplankton den Lichtmangel durchaus nicht erträgt. Mit der verschiedenen Lichtintensität hängt vielleicht der oben erwähnte Unterschied in der Tiefenverteilung des arktischen und antarktischen Phytoplanktons zusammen. Das arktische Pflanzenplankton ist meistens unter 67 bis 70° n. Br. untersucht worden, wo das Sonnenlicht schon lange nicht mehr so intensiv ist, wie in den Breiten des Antarktik, die das Plankton der „Valdivia"-Expedition lieferten (46 bis 47° s. Br.).

Überblickt man die Fülle niedrigster und einfachster Lebewesen, die als Plankton das Meer in seinen verschiedenen Schichten durchschwärmen, so möchte man glauben, daß der alte philosophische Grundsatz: Omne vivum ex mari, alles Lebendige meerentsprungen, ein Grundsatz, der sich den Griechen in der „schaumgeborenen" Aphrodite, der Anadyomene oder Emporgetauchten, verkörperte, auf Wahrheit beruhe. Und doch ist dieser Satz, wie schon in einem vorhergehenden Kapitel an der Hand des Werkes von Dr. E. König ausgeführt wurde, in mehrfacher Hinsicht höchst trügerisch. Die allerniedrigsten Lebewesen können nicht Kinder des Meeres sein, weil bei Entstehung der ersten Organismen sich alles Wasser noch in luftförmigem Zustand in der Atmosphäre befand, und von vielen höheren läßt sich nachweisen, daß sie erst im Laufe der Entwicklung vom Lande ins Meer übergegangen sind und hier die besonderen Anpassungen erworben haben, die sie uns als echte Meeresbewohner erscheinen lassen. Für zwei Gruppen dieser höheren Wassertiere, die Reptilien und die Säugetiere des Meeres, hat Prof. Fraas neuerdings den Landursprung und die marinen Anpassungserscheinungen eingehender behandelt.*)

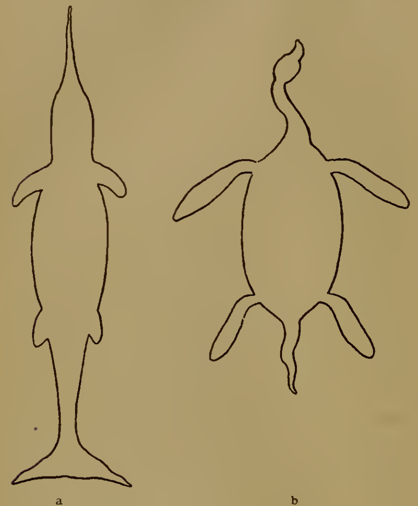
Während die echte marine Fauna im wesentlichen wirbellose Tiere umfaßt, deren Entwicklung denn Fraas auch von Anfang an in das Meer verlegt, sind unter den Wirbeltieren nur die niedrigsten, die Fische, echte Wassertiere, die im Meere lebenden Reptilien und Säugetiere aber mit Sicherheit auf Landformen zurückzuführen. Die ersteren sind zumeist ausgestorben, die letzteren umfassen die artenreiche Unterordnung der Flossenfüßer mit den Familien der Ohrenrobben (Seelöwen, Seebären), der Walrosse und der echten Robben (Kegelrobben, Seehunde, Seemönche, Seeleoparden, Blasenrobben, Seelefanten), die artenarme Ordnung Seekühe und die Ordnung der Wale, die zahlreiche Mitglieder in den Familien der Bartenwale, Pottwale, Flußwale und Delphine umfaßt.

Von ihnen entstammen die Robben zweifellos Raubtieren, sind also, geologisch genommen, trotz

*) Botan. Zeitung, 64. Jahrg. (1906), Nr. 1.

*) Jahresheft des Ver. f. vaterl. Naturk., Württemb., Jahrg. 61, S. 347.

ihrer weitgehenden Anpassung an das Wasser, eine junge Gruppe, wahrscheinlich gleicher Abstammung mit den Bären, denen sie gleich den Ottern auch systematisch am nächsten stehen. Sie können im Gegensatz zu den Walen und Seekühen sich auch noch auf dem Lande forthelfen. Dr. E. König sagt deshalb in seiner „schematischen Darstellung der nächsten Zukunft der Flossenfüßer" von ihnen: In den Flossenfüßern haben wir einen Tiertyp vor uns, der im Übergangsstadium vom Land- zum Wassertier sich befindet. Da die hinteren Extremitäten der Tiere beim Übergang zum Wasserleben schon ziemlich stark herausgebildet und relativ lang gewesen, dagegen der Schwanz relativ kurz war, so finden wir hier die hinteren Extremitäten dem



Wasserwirbeltiere, a Typus des Schraubendampfers, b Typus des Ruderboots.

Schwanze angelegt; sie werden mit ihm verwachsen und sich zur Schwanzflosse umbilden. Als spezifisches Organ zur Sauerstoffaufnahme bilden sich allmählich Kiemen heraus.

Die Sirenen oder Seekühe dürften sicher von Huftieren abstammen und wohl dieselben Vorfahren haben wie die Elefanten. Die älteren, ausgestorbenen Sirenen erscheinen dem Wasserleben weniger angepaßt, stehen also den Landformen näher als die gegenwärtig lebenden. Auch die älteren Wale zeigen, mehr als die heutigen, Merkmale, die auf eine Abstammung von Landsäugetieren deuten. Fraas gibt keine genaueren Andeutungen über ihre speziellen Vorfahren, meint jedoch, daß die Bartenwale und die Zahnwale stammesgeschichtlich verschiedene Gruppen, also auch verschiedener Abkunft sind.

Welche Veränderungen erleidet nun der Körper eines Wirbeltieres bei der allmählich immer inniger werdenden Anpassung an das Wasser? Vor allem muß sich, abgesehen von kleineren Umbildungen hinsichtlich der Haut, der Ohren, der Hände usw., die ganze Körperform der neuen Bewegungsart anpassen. Da der Körper der Hauptsache nach vom Wasser getragen wird, der Gliedmaßen also nicht mehr als Stütze bedarf, so können diese völlig in den Dienst der Fortbewegung gestellt werden, und diese Bewegung kann durch einen zwiefachen Typ der Rumpfform gefördert werden. Der erste Typ ist der der Fischgestalt, nach dessen Prinzip die modernen Schraubendampfer gebaut sind, schlanke, vorn und hinten zugespitzte Körper mit dem Bewegungsorgan am Hinterende. Nach diesem Prinzip wird bei den Walen und den Seekühen der Schwanz zur Endflosse umgebildet, die hinteren Gliedmaßen schwinden und die vorderen regulieren das Gleichgewicht, das Auf- und Absteigen usw. Bei den Robben rücken die Hinterbeine ganz ans Ende und übernehmen die Funktion der Schwanzflosse. Die Vorderbeine dienen bei den Ohrenrobben auch als Ruder, bei den übrigen werden sie ähnlich wie die Flossen der Wale gebraucht.

Der zweite, zur Bewegung im Wasser herausgebildete Typ ist der des Ruderbootes, den wir außer bei vielen fossilen Reptilien am besten bei den Seeschildkröten ausgebildet finden. Hier ist der Körper breit und flach, die Gliedmaßen sind von der Seite in die Höhe gerückt, die Stützteile, Arm und Bein, verkleinert, die Endteile, Hand und Fuß, dagegen bedeutend vergrößert und zu vorzüglichen Ruderschaufeln ausgebildet, deren Besitzer vielleicht nicht an Schnelligkeit, wohl aber an Ausdauer mit dem Schraubentyp wetteifern.

Zu den Tieren, die vielleicht vom Anfang an dem Meere angehört haben, sind wohl die niedersten aus der Gruppe der Gliedertiere, die Krebse, zu rechnen. Sie sind fast ausschließlich Meerestiere, und nur die höchststehenden von ihnen, die Flußkrebse und ihre Verwandten sowie die Taschenkrebse sind zum Teile in das Süßwasser und zum Teile auf das Land vorgedrungen. Über den größten unserer Seekrebse, den Hummer, hat Prof. Ehrenberg-Helgoland im Berliner Institut für Meereskunde einen interessanten Vortrag gehalten, der gewiß manchem Liebhaber dieser Meerdelikatesse etwas Neues bringen wird. *)

Da felsiger Boden den eigentlichen und bevorzugten Aufenthalt des Hummers bildet, so kann längs der deutschen Küsten Hummerfang nur bei Helgoland betrieben werden. Dies geschieht mit Hilfe von Fangkörben, die nach Art der Aalkörbe konstruiert sind, das Tier mit einem Köder anlocken und leicht hinein-, aber schwer wieder hinauslassen. In Helgolands unmittelbarer Nähe sind oft mehrere Tausende solcher Körbe ausgesetzt. Daneben wird, besonders im Herbst, der Fang auch noch mit einfachen, an einem eisernen Reifen befestigten Netzbeuteln, den „Glippen", betrieben, in die das Tier ebenfalls durch einen Köder gelockt wird.

Da die Zahl der bei Helgoland existierenden Hummer eine begrenzte, durch Zuzug aus anderen Hummergründen nicht ergänzte ist, so sind ihr die Schonzeiten, die polizeilich vorgeschriebene von Mitte Juli bis Mitte September und die durch ungünstige Witterung im Winter bedingte (Kältestarre des Hummers), sehr notwendig. In günstigen Jahren werden

*) Naturw. Wochenschr., Bd. 3, Nr. 4.

rund 60.000 Stück (= 60.000 Pfund, da das Durchschnittsgewicht der gefangenen Hummer 1 Pfund beträgt) erbeutet, in ungünstigen Jahren oft nur zwei Drittel dieser Menge. Die gefangenen und, um gegenseitigen Beschädigungen vorzubeugen, an den Scheren mit Garn gefesselten Tiere gelangen nur allmählich, unter für den Verkauf möglichst günstigen Bedingungen, in den Handel und werden bis dahin sorgfältig gefüttert und gepflegt.

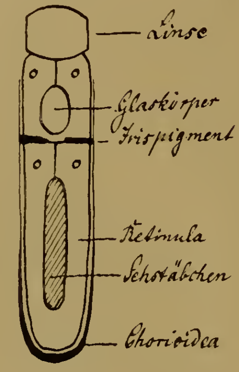
Unter den Lebensvorgängen des Hummers ist der interessanteste wohl die Häutung, die bei jugendlichen Tieren während des Jahres mehrmals, bei marktfähigen Hummern durchschnittlich einmal, in der Regel in der warmen Jahreszeit, erfolgt. Dieser Prozeß verläuft normalerweise in der kurzen Zeit von 10 bis 12, bisweilen sogar nur 6 Minuten, bei ganz jungen Tieren fast momentan, kostet aber bei unnormalem Verlaufe manchem Tiere auch das Leben. Es entsteht dabei an der Oberseite der alten Schale zwischen Kopfbrust und Hinterleib (Abdomen) ein einziger Querspalt, durch dessen verhältnismäßig schmale Öffnung das Tier sich hinauszwängen muß, und zwar mit allen seinen Anhängen. Das Verblüffendste, auf den ersten Blick geradezu Unerklärliche des Häutungsvorganges liegt darin, daß die in ihren Klauengliedern so enorm dicken Scheren durch das schmale Rohr gezogen werden, das die Schere in ihrem oberen Teile bildet. Der Querschnitt der Schere muß dabei auf weniger als ein Neuntel reduziert werden, wenn das Herausziehen des Gliedes aus der alten Schale glatt erfolgen soll. Dieses Zusammenpressen — oder richtiger wohl Ausziehen der Gliedmaßen, denn die Scheren werden beim Häuten wie ein Stück Gummi in die Länge gezogen und vollständig aus ihrer Form gebracht — ist nur denkbar, wenn ein Zusammenfallen der Muskelteile der Schere voraufgegangen ist, und dieses wird auf höchst merkwürdige Weise vorbereitet, nämlich durch Herausziehen des Blutes. Der Hummer besitzt wie andere Krustentiere Gefäße mit geschlossenen Wandungen nur für das Arterienblut, während das venöse Blut in großen Hohlräumen des Körpers, sogenannten Blutsinus, enthalten ist. Sind diese Hohlräume zwischen den Muskeln der Schere gefüllt, so erscheint das Glied prall, sind sie leer, so fällt es zusammen. Daß das Blut bei der Häutung wirklich aus den Gliedmaßen, besonders den Scheren, in den Rumpf zurückgezogen wird, scheint auch daraus hervorzugehen, daß der letztere sich enorm aufbläht und dadurch den eigentlichen Häutungsprozeß mit dem Zerreißen der häutigen Verbindung zwischen Kopfbrust und Schwanz einleitet. Selbst wenn der Rumpf des Hummers schon fast völlig frei ist und Kiemen, Mundwerkzeuge, Magen und Augen aus der Schale gezogen sind, sitzen die Scheren und Beine noch immer teilweise fest. Endlich mit einem letzten Ruck gelingt es dem Tiere, auch diese freizumachen und gleichzeitig die Schale des ganzen Hinterkörpers abzuschleudern. Im Innern der alten Schale bleibt eine wasserhelle, schleimige Masse zurück, die zwischen der alten und der neuen Schale eine gleichmäßige Schicht bildete und gewissermaßen das Schmiermittel für den glatten Verlauf des Vorganges gebildet hat. Langsam wird das frisch gehäutete Tier wieder Herr seiner Glieder, besonders der gänzlich deformierten, in die Länge gezogenen und stark verkleinerten Scheren, in welche nun das Blut zurückgetrieben wird, so daß sie allmählich ihre normale Form wieder annehmen und sich über ihren früheren Umfang hinaus vergrößern. Erst nach Wochen hat die neue Schale ihre ursprüngliche Härte wiedererlangt.

Die Gesamtlängenzunahme eines mittelgroßen Hummers bei einer Häutung beträgt nur etwa 2 Zentimeter, und da die Häutung bei dieser Größe nur einmal jährlich erfolgt, so ist das jährliche Wachstum ein geringes. Je größer die Hummer werden, desto geringer ist die Längenzunahme bei der Häutung und desto seltener erfolgt letztere. Mehr als 50 Zentimeter Länge scheint der europäische Hummer kaum zu erreichen; an britischen Küsten sollen Tiere von 12 bis 13 Pfund gefangen sein. Der größte Helgoländer Hummer, den Ehrenberg sah, wog 8¼ Pfund und war 48 Zentimeter lang. Solche Riesen sind fast immer Männchen und führen ein Einsiedlerleben auf entlegenen, vom Hummer gewöhnlich nicht besuchten Gründen.

Die Erhaltung der Art selbst auf so beschränktem, den Nachstellungen ausgesetzten Terrain wie den Helgoländer Felsgründen wird, außer durch die Schonzeiten, durch die große Zahl der Eier, die ein Hummerweibchen legt, gewährleistet. Während der Flußkrebs über 120 Stück gewöhnlich nicht herauskommt, produziert der Hummer schon bei der ersten Eiablage, wenn er etwa 1 Pfund schwer ist, 8000 bis 10.000, bei 2 Pfund Schwere 15.000 bis 18.000, bei 4 Pfund 30.000 bis 36.000 Eier. Beim amerikanischen Hummer sind in Ausnahmefällen schon 90.000 bis 100.000 Eier festgestellt. Diese Eier werden von dem Weibchen gleich nach dem Legen mittels eines von den Schwimmfüßen des Schwanzes abgesonderten, im Wasser allmählich erstarrenden Saftes unter dem Hinterleib befestigt und fast noch ein Jahr mit umhergetragen, da sie zu ihrer vollen Entwicklung, bis zum Ausschlüpfen der Jungen, noch 11 bis 12 Monate gebrauchen. Infolgedessen legen die Weibchen meistens nur ein Jahr um das andere, und aus diesem Grunde und weil die Weibchen infolge verminderter Freßlust weniger den Köder annehmen, trägt nur ein Viertel der gefangenen fortpflanzungsfähigen Weibchen äußere Eier. Der junge Hummer kommt als Larve auf die Welt, seine Gestalt unterscheidet sich zunächst noch von der des ausgebildeten Tieres, auch schwimmt er abweichend von den Gewohnheiten der erwachsenen Tiere, zuerst drei bis vier Wochen frei im Wasser umher. Erst nach der vierten Häutung nimmt die schon viel hummerartiger aussehende Larve das Leben auf dem Grunde auf. Damit vermindern sich auch die anfänglich sehr großen Gefahren für ihr Leben, da sie sich nun unter Steinen am Grunde verbergen kann und ihr Versteck offenbar nur selten oder mit der größten Vorsicht verläßt.

Mit den Krebsen, und zwar mit der Gruppe der Tiefseekrabben oder Brachyuren, beschäf-

tigt sich eine Arbeit Prof. Dofleins.*) Die Brachyuren finden sich nicht nur in großen Meerestiefen, sondern auch im seichten Wasser, in der Brandung, auf dem Strande und im Süßwasser, und sind an jedem Standorte der jeweiligen Umgebung hervorragend angepaßt. Wahrscheinlich hängt diese starke Anpassung mit der langsamen und schwerfälligen Fortbewegung dieser Tiere zusammen, infolge deren sie den Einflüssen der Umgebung stärker unterliegen als freischwimmende, ihren Standort häufig ändernde Wesen. Die in den verschiedensten Meerestiefen lebenden Formen dieser Tiergruppe zeigen hochinteressante Anpassungserscheinungen, und da sie infolge ihres verschiedenen Aufenthaltes auch den verschiedensten Lichtverhältnissen ausgesetzt sind, so sind die Augen als die Organe der Lichtwahrnehmung von den Veränderungen des Standortes natürlich am stärksten von solchen Veränderungen getroffen. Mit diesen Veränderungen beschäftigt sich die Arbeit des bekannten Protozoenforschers, der hier erfolgreich ein neues Arbeitsgebiet betritt.



Ommatidium aus einem Facettenauge, schematisch.

Es läge die Annahme nahe, daß die Augen der aus gleicher Tiefe stammenden Tiere annähernd gleich gebaut sind; aber das ist keineswegs der Fall. Vielmehr zeigen Arten, die unter den gleichen Bedingungen leben und beim Dredgen aus ein und derselben Tiefe emporgebracht werden, oft ganz verschiedene Sehorgane, einesteils sehr zusammengesetzte, hoch organisierte Augen, anderseits völlig rückgebildete Sehorgane. Die mangelnde Belichtung wirkt also aus einem bisher noch nicht ersichtlichen Grunde in einem Falle als formativer Reiz, im anderen führt sie zur Rückbildung.

Die Augen der Brachyuren sind wie die Augen aller Gliedertiere zusammengesetzte oder Facettenaugen. Jedes Auge besteht aus einer Häufung zahlreicher, oft bis 1000 kleiner Augen, Ommatidien, auf denen die den ganzen Körper der Gliedertiere bedeckende Chitinschicht eine sechseckige Felderung (hexagonale Facettierung) aufweist. Jedes Ommatidium zeigt der Facette zunächst oder eigentlich die Facette selbst bildend eine Linse, darunter den Glaskörper, umgeben von Zellen, von denen er ausgeschieden wurde, unter ihm die Retinula mit dem Sehstäbchen. Eingehüllt wird dieses Teilauge oder Ommatidium von einem Pigmentmantel, der es seinen Genossen gegenüber optisch vollkommen selbständig macht oder isoliert. An zwei Stellen ist die Pigmentschicht besonders dicht, am Hintergrunde des Augenteils, wo es eine Tapete der Chorioidea bildet, und zwischen Glaskörper und Retinula, wo es als eine Art Iris auftritt (siehe Abbildung). An letzterem Orte ist eine schmale Öffnung zum Durchgang der Lichtstrahlen freigelassen. Die Pigmentzellen haben die Fähigkeit, aktiv ihre Lage zu verändern. Bei starker Belichtung breitet sich der Pigmentmantel bis nach vorn an den Glaskörper aus, bei geringer Lichtstärke wird es aus den Retinulä ganz zurückgezogen und schwindet auch die Iris. In dieser Stellung, die man als „Nachtstellung des Pigments" bezeichnet, entfällt natürlich auch die nur durch den Pigmentmantel hervorgebrachte optische Isolation.

Als Beginn der Rückbildung bei den Tiefseekrabben, als die geringste Abänderung gegen das normale Verhalten, faßt Doflein die Fixierung des Pigments in der Nachtstellung auf; die Retinulä sind also ganz pigmentfrei, gleichviel ob die betreffende Krabbenart tags oder nachts gefangen wurde. Sonst war das Auge noch normal.

An einem Tiere aus größerer Tiefe fand sich, daß der Augenstiel seine Beweglichkeit verliert, die Einzelaugen an Zahl abnehmen und das Pigment in Nachtstellung verharrt. Weiter trat eine Art auf (Physachaeus ctenurus), bei der die seitlichen Fazettenglieder an Zahl vermindert, dafür aber enorm vergrößert, das Pigment fast ganz verschwunden, die in der Mitte gelegenen Sehstäbchen normal, die seitlichen dagegen schief und verbogen sind. Wahrscheinlich soll die Verbiegung der seitlichen Stäbchen (Rhabdome) das mangelnde Pigment ersetzen und die völlige Reflexion der seitlich einfallenden Lichtstrahlen bewirken. Das Sehvermögen dieses Auges dürfte wohl schon sehr herabgesetzt und auf die Wahrnehmung sich bewegender leuchtender Objekte aus größerer Nähe beschränkt sein.

Über weitere Rückbildungsstufen, die völligen Schwund des Pigments, noch geringere Zahl der Augenkeile und Bedeckung des Auges mit einer dicken Hautschicht herbeiführen, gelangen wir zu dem Falle äußerster Rudimentierung bei Cymonomus granulatus. Bei diesem Tiere ragen beiderseits des spitzen, nach vorn gerichteten Fortsatzes des Kopfbrustpanzers die Augenstiele als dicke, mit Stacheln und Tasthaaren bedeckte Zylinder hervor. Wir haben es hier mit einem völlig rückgebildeten, zum Tastorgan gewordenen und jeder Lichtempfindung baren Auge zu tun.

In den gleichen Tiefen kommen nun aber auch hochorganisierte Sehorgane bei den Brachyuren vor, die sogenannten „Dämmerungsaugen". Ein Beispiel dafür bietet das Auge von Platymaia, das auffallend groß und durch einen herrlichen Goldglanz ausgezeichnet ist. Genauere Untersuchung zeigt, daß der Glanz von einer dicken Schicht gelblich gefärbter Substanz herrührt, die längs des ganzen Augen-

*) Referat von G. Stiasny in Naturw. Wochenschr., Band 4, Nr. 15.

hintergrundes in die Chorioidea eingelagert ist. Diese als Reflektor wirkende Schicht kann für das Tier eine doppelte Bedeutung haben. Sie verleiht vielleicht dem Auge in dem Dämmerlichte der Meerestiefe Leuchtvermögen, gestattet aber nach Dofleins Ansicht auch eine enorme Ausnützung der Beleuchtung. Das Licht, das die Sehstäbchen passierte, wird von diesem glänzenden Tapetum reflektiert und macht seinen Weg noch einmal. Die gleiche Lichtmenge wird also von diesem Auge doppelt so stark empfunden als von dem einfachen Facettenauge, und auch der sonstige Bau des Dämmerungsauges macht ziemlich wahrscheinlich, daß es scharfe Bilder entwirft.

Die Einrichtung dieser reflektierenden Schicht bietet dem Besitzer so große Vorteile, daß es erklärlich ist, wenn sich diese Einrichtung im Tierreiche ziemlich verbreitet findet. Wir begegnen ihr bei vielen Spinnen, bei den Haifischen, vielen Raubtieren und manchen Huftieren, vorwiegend also bei Wesen, die ihrer Beute nachts oder in der „purpurnen Finsternis" der Tiefe nachgehen.

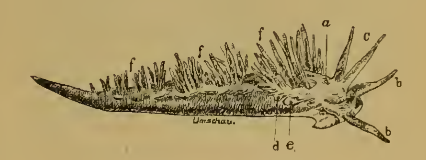
Daß diese Finsternis durch Laternenträger der verschiedensten Art erhellt wird, ist seit langer Zeit bekannt. Bei vielen mit leuchtenden Organen ausgestatteten Tiefseewesen ist der Zweck der Lichtentwicklung leicht zu durchschauen. Es sind meistens Räuber, die durch das Leuchten Beutetiere anlocken oder ihre Beute mit Hilfe der Leuchtorgane aufsuchen und verfolgen. Nun gibt es aber auch ganz winzige, schutz- und trutzlose Wasserbewohner, die mit der Gabe des Leuchtens ausgestattet sind und dadurch anscheinend nur die Aufmerksamkeit ihrer Feinde auf sich lenken können. Zu ihnen gehört das im Meere lebende Ceratium tripos (Urtier, Dinoflagellat), über dessen Leuchtvermögen Dr. O. Zacharias' Beobachtungen*) uns eine einleuchtende Erklärung gibt.

Dieses winzige Wesen, das, wie schon lange bekannt ist, besonders des Nachts und bei Einwirkung mechanischer Reize, wie Erschütterung, intensiv leuchtet, dient den ungezählten Scharen der Copepoden, kleiner Krebstierchen, zur Nahrung. Nun sind aber diese letzteren lichtscheue Wesen und meiden deshalb wahrscheinlich die von den leuchtenden Ceratien erhellten Wasserschichten. Somit wäre in diesem Falle das Leuchten ein Schreckmittel, das den vorwiegend zur Nachtzeit sich fortpflanzenden Ceratien zu einer natürlichen Schonzeit verhülfe. Am Tage ist dieses Schutzmittel weniger von nöten, weil dann die Copepoden in ihrer Lichtscheu ohnehin größere Tiefen aufsuchen.

Ein sehr wirksames Schreckmittel entwickeln einzelne Tiergruppen des Meeres auch in Form der sogenannten Nesselkapseln oder Cnidae, eine Waffe, nach der die ganze Gruppe der Polypen, Medusen (Quallen), Seerosen und Korallen auch Cnidarien genannt wird. Kleine, in einen langen, meist fadendünnen Schlauch ausgezogene Bläschen mit flüssigem, brennendem Inhalt, aber fester Haut stecken im Innern von Nesselzellen. Für gewöhnlich eingestülpt und spiralig aufgerollt, wird der Faden bei Reizung des Tieres ausgeschnellt und erzeugt dem Angreifer eine Wunde, in die der flüssige, stark nesselnde Inhalt dringt. Solche Nesselkapseln haben die Cnidarien an allen exponierten Körperteilen und an den Organen, die zum Ergreifen der Beute dienen, um den Mund, an den Fangarmen, die Medusen am Scheibenrande. Das nesselnde Gefühl beim Berühren von Quallen hat schon manchen Badegast in der Nordsee oder im Mittelmeer erschreckt.

Solcher Nesselkapseln erfreuen sich nun nach den Untersuchungen J. V. Spengels*) einige niedere Würmer, die Turbellarien und Nemertinen, die wahrscheinlich mit den Cnidarien verwandt sind, und einige Mollusken. Bei letzteren fand man sie an den Saugnäpfen eines Tintenfisches und glaubte lange, daß sie Organe dieses Tieres seien, bis 1896 nachgewiesen wurde, daß es Tentakeln (Fangarme) einer Meduse oder Qualle sind. Wie diese an die Arme des Tintenfisches gekommen und ob sie hier einen besonderen Dienst leisten und welchen, ist bis jetzt völlig unbekannt.

Einfacher schien der zweite Fall zu liegen. Eine schalen-, also schutzlose Gruppe von Meeresschnecken,



Aeolis Rufibranchialis, von der rechten Seite. a Auge, b u. c Tentakel, d After, e Geschlechtsöffnung, f Papillen oder Cerata.

die Äolidier, besitzt auf dem Rücken zahlreiche, mit den Lebergängen des Tieres in Verbindung stehende Schläuche oder Rückenpapillen. Diese sind im Gegensatze zu dem sie tragenden Leibe der Schnecken lebhaft gefärbt, werden hin und her bewegt und können sich beträchtlich dehnen und verkürzen. Am Ende haben sie einen mit dem übrigen Schlauchinnern durch einen dünnen Kanal verbundenen und so nach außen mündenden Nesselsack, der im Innern von Zellen ausgekleidet ist, in denen ebensolche Nesselkapseln ruhen wie bei den Cnidarien. Bei Reizung, oder wenn der Schlauch abgerissen wird, entladen sie sich wie bei den letzteren. Und doch sind sie, wie schon früher vermutet und neuerdings nachgewiesen wurde, nicht das Eigentum der Schnecken, sondern nur entlehntes Gut. Ein englischer Zoologe fütterte im Aquarium Äolidierschnecken mit Cnidarien und Nemertinen und konnte dann nach einiger Zeit stets die Nesselkapseln der letzteren in den Nesselsäcken der ersteren nachweisen.

Die Feinde, deren sich diese Meeresschnecken mit Hilfe der Nesselkapseln erwehren, sind wahrscheinlich vorzugsweise kleine, junge Fische, die in ihrer Unerfahrenheit einzelne Schläuche abreißen und dabei die volle Ladung derselben erhalten. Der

*) Forschungsberichte aus der biolog. Station zu Plön, Bd. 12 (1905).

*) Naturw. Wochenschr., Bd. 3, Nr. 54.

Schnecke geschieht dadurch wenig Schaden, da solche einzelne Schläuche bald wieder nachwachsen. Die bunten Farben der Schläuche sind unverkennbar Trutz- oder Warnungsfarben für den durch einmaligen Schaden hoffentlich klug gewordenen Angreifer.

Zum Schlusse sei noch kurz auf eine merkwürdige, mit dem Plankton zusammenhängende Erscheinung, die sogenannte Meeresverschleimung, hingewiesen, von der Prof. Karl J. Cori jüngst, während des Sommers 1905, einen hervorragenden Fall im Golf von Triest beobachten konnte.*)

Die von den Forschern auch als Mar sporco oder Malattia del mare (schmutziges Meer, Meereskrankheit) bezeichnete Erscheinung bietet nicht nur biologisches, sondern auch erheblich praktisches Interesse, denn sie kann die Ausübung der Fischerei in dem betroffenen Meeresteile zeitweise fast unmöglich machen. Im vorliegenden Falle trat die Meeresverschleimung in dreierlei Form auf, die vielleicht drei verschiedenen Phasen desselben Vorganges entsprechen. Im Gebiete der Flachküste fanden sich



Die Urheber der Meeresverschleimung. Peridinium ovatum (500fache Vergrößerung).

nahe der Oberfläche dünne, aus durchsichtigem Schleim bestehende, mit Gasblasen behaftete Häutchen, in die zahlreiche Panzerflagellaten, namentlich aus der Gattung Peridinium, eingelagert waren. Diese Peridineen, welche bei ihrer Einkapselung eine quellbare Gallerte abscheiden, sind nach Prof. Cori als die eigentlichen Erzeuger des Meerschleimes zu betrachten.

In einer zweiten Form präsentiert sich der Meerschleim als langgestreckte, im auffallenden Lichte weiß erscheinende Schleimstränge oder wolkenähnliche Schleimballen, die in einer Tiefe von 5 bis 6 Metern schweben. Die namentlich in der zweiten Hälfte des Juli in riesiger Menge auftretenden Schleimbildungen sind wohl unter der ausflockenden Wirkung des Seewassers aus der ersten Form hervorgegangen. In ihnen treten massenhaft verschiedene Bazillariazeen auf, für die der von den Peridineen produzierte Schleim einen Nährboden zu bilden scheint, außerdem noch eine Menge der verschiedensten Planktonformen, ja sogar Molluskenlarven und in der Gallerte gefangene Jungfische.

Die dritte und letzte Phase der Verschleimung trat ein, wenn sich die bisher durch die Gasblasen schwebend erhaltenen Schleimmassen auf den Meeresgrund senkten und hier dicke Lagen bildeten. Durch chemische Zersetzungsprozesse wird der Schleim hier endlich wieder aufgelöst. Danach erweist sich das Meer auffällig verarmt an Plankton. Die Meeresverschleimung wirkt also auf die niedere Tierwelt bis zu den Fischen hinauf katastrophenartig und vernichtet große Mengen von Plankton, schadet also auch in dieser Hinsicht, durch Vernichtung der Fischnahrung, dem Fischereigewerbe, das außerdem während der Erscheinung selbst dadurch, daß der Schleim die Netzmaschen verklebt, fast ganz lahmgelegt wird.

Unsere Abbildung zeigt den Anstifter des Übels, eine Peridinee, in drei Stadien. Die erste Figur stellt das freischwimmende, mit zwei Geißeln zur Bewegung und Nahrungsaufnahme ausgestattete Tierchen; die zweite stellt das Stadium der Einkapselung dar, der von der Gallerthülle umgebene Körper des Peridiniums erscheint in zwei Teile zerfallen, deren jedes in der dritten Figur sich nochmals geteilt hat. Aus den vier letzteren Teilstücken gehen dann wieder Individuen wie das der ersten Figur hervor. Die stärkeren Striche in der Gallerthülle bedeuten die Reste des Zellulosepanzers, der die Tiere umschließt und durch die gequollene Gallerte gesprengt wird. Bedenkt man, daß die Abbildung die Tierchen in 500facher Vergrößerung darstellt, so leuchtet ein, welche Mengen von ihnen nötig sein müssen, derartige Meeresverschleimungen herbeizuführen.

*) Archiv für Hydrobiolog. und Planktonkunde, Bd. 1, Heft 3, S. 385.

Den Vogel- und Kleintierfreunden.

Die unermüdlichen Bestrebungen der Ornithologen, Herpetologen und anderer Spezialforscher auf dem Gebiete der Zoologie, unsere Kenntnisse der heimischen Tierwelt und damit unsere Zuneigung zu ihr zu fördern, haben auch im vergangenen Jahre eine solche Fülle interessanter Beobachtungen ans Licht gebracht, daß die Auswahl schwer wird. Erteilen wir zunächst den Ornithologen das Wort!

Eine der schönsten Aufgaben des Ornithologen ist, sich der zu Unrecht verfolgten Vögel anzunehmen; und ihre Zahl ist nicht gering. Nicht immer ist es der Mensch, der sie dezimiert; auch Naturverhältnisse und vor allem mit unserer Kultur unlöslich verknüpfte Veränderungen der Ernährungs- und Nistgelegenheiten kommen dabei ins Spiel, und nicht immer sind wir in der Lage, solche Schäden gutzumachen.

Das geht z. B. aus den Bemerkungen hervor, die W. Schuster*) über die Abnahme der Schwalben macht. Für den Tatbestand, daß in allen deutschen und außerdeutschen Gauen in erster Linie die Hausschwalben (Delichon urbica), in zweiter die Rauchschwalben (Hirundo rustica) seit einigen Jahrzehnten mehr oder minder stark abnehmen, macht er vor allem Gründe kultureller und meteorologischer Art geltend. Abgesehen davon, daß die Schwalben an den glatten Backsteinwänden ohne Vorsprünge schlecht bauen können und sich durch veränderte Bauart des Nestes den neuen Ver-

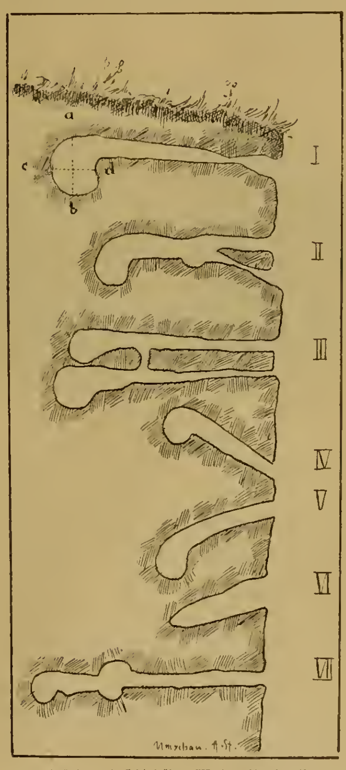
*) Neue interessante Tatsachen aus dem Leben der deutschen Tiere. Biolog. Mitteil. u. s. w. Frankfurt a. M. 1906.

hältnissen erst anpassen müssen — und anpassen werden; abgesehen davon, daß der moderne Mensch an seinen schön geputzten Häusern keinen Unrat mehr dulden will und deshalb die Schwalbennester abstößt — kommt vor allem für die Abnahme der Schwalben der zunehmende Nahrungsmangel in Betracht. Die Kanäle und Kanälchen in den gepflasterten Städten, Pfützen und Wasserlachen in den besseren Dörfern, Gräben und Sümpfe in den trockengelegten Wiesen verschwinden und damit auch Mücken und Fliegen, die Nahrung der Schwalben. Auch das Nistmaterial wird ihnen durch die fortgesetzte Trockenlegung, besonders in den Städten, beschränkt. Sehr ins Gewicht fällt der Vogelfang, weniger der zu Nahrungs-, als der zu Modezwecken. Die typische Massenverminderung der Schwalben in der Neuzeit fällt geradezu auffallend mit der Periode zusammen, in der — seit zwei oder drei Jahrzehnten — die Schwalben als Modeartikel für Damenhüte aufkamen.

Aber es gibt doch auch viele Orte, für welche alle diese Gründe für die Abnahme wenig oder gar nicht zutreffen. Da bleibt nur eine „allgemeine" Erscheinung als Ursache für diese Fälle übrig, eine ebenso interessante wie wichtige und universelle, nämlich die in unserem Jahrbuch (3. B. Bd. IV, S. 72) schon mehrfach berührte Klimaverschiebung. Erstens haben wir schon seit Jahrzehnten keine rechten Winter mehr, und zweitens verschiebt sich die kalte Jahreszeit immer weiter in die Frühlings- und Sommermonate hinein. Der „Wonnemond" ist recht rauh, feucht und kalt geworden und vielfach mit Nachtfrösten ausgestattet. Infolgedessen erfrieren und verhungern sehr viele junge Vögel, Buchfinken, Lerchen, Nachtigallen und vor allem auch Schwalben. Denn sobald es nur etwas kalt ist, bleibt eines der Alten auf den Jungen sitzen, und es füttert nur noch das andere; nun besteht an sich schon Futtermangel, der durch Temperaturrückschläge noch vermehrt wird. So bekommen die Jungen kaum etwas zu fressen und sterben schließlich Hungers.

Dies scheint der tiefste, grausamste und unabänderlichste Grund der Schwalbenabnahme zu sein, dem nur entgegengewirkt werden kann durch eine bestimmte Disposition, d. h. eine Veränderungs-, Anpassungsfähigkeit, die im Schwalbenreich vorhanden sein müßte und auch wohl vorhanden ist, nämlich die, den Anfang der Brut beträchtlich später als gegenwärtig zu legen.

Auch Paul Wemer*) gibt eine Abnahme des Hausschwalbenbestandes zu, während ihm die Uferschwalbe beträchtlich an Zahl zuzunehmen scheint. Er hat letztere Art (Riparia riparia L.) mit großer Ausdauer beobachtet und gibt über den Nestbau der Tierchen, die seines Erachtens die geschicktesten Minierer unter allen Vögeln sind, interessante Aufschlüsse. Nachdem an der Lehmwand eine passende Stelle gefunden ist, hacken zunächst Männchen und Weibchen die Erde los, bis eine Röhre entstanden ist, in der das Weibchen verschwindet. Hier hackt es nun weiter, während das Männchen die Erde nach außen transportiert. Es fliegt, mit dem Kopfe zuerst, in die Höhle, kratzt mit den Füßen den losgelösten Sand der Höhlenöffnung zu und schafft ihn zuletzt, zu gleicher Zeit abfliegend, aus dem Loche heraus; oder aber es fliegt rückwärts in die Höhle (so sah Wemer es einmal) und schiebt die Erde mit den Flügelspitzen hinaus. Das scheint öfter vorzukommen; denn die Schultern der Flügel sind beim Männchen oft blutig gestoßen, was doch wohl nicht der Fall wäre, wenn die Erde rückwärts herausgekratzt würde. So schreitet der Bau



Nisthöhlen und Schlafröhre (VI) der Uferschwalbe.

rüstig vorwärts. Die Länge der Röhre beträgt 50—80, in seltenen Fällen über 100 Zentimeter, die Bauzeit schwankt zwischen zweieinhalb und acht Tagen. Zuletzt wird noch die eigentliche Nestmulde gemacht und mit Federn, Watte, Halmen ausgepolstert. Nicht selten ließen die Vögel eine Röhre halbfertig liegen und benützten sie nachher als Schlafstätte. Die Röhren variierten mannigfaltig; es fanden sich Röhren im Knick gebaut, solche mit zwei Eingängen, bisweilen durch einen Quergang verbunden, aufwärts- und abwärtsstrebende Röhren und halblange Röhren ohne Nestmulde, nach den Exkrementen zu schließen, Schlafstätten. 1904 fing P. Wemer an, selbst Röhren zu verfertigen, die von den Tierchen auch angenommen wurden, allerdings nur zum Teil, da sie erst angelegt wurden,

*) Beiträge zur westfälischen Vogelfauna. Münster i. W. 1906.

als die meisten Tiere der Kolonie mit dem Baue ihrer Nester fertig waren.

Wie anpassungsfähig die Schwalben sind, lehrt unter anderem auch der sie betreffende Abschnitt aus Xavier Raspails hochinteressanter Arbeit: Eine ornithologische Station im Departement Oise.*) Er bildet hier eines der durch Anpassung an die neuen Verhältnisse entstandenen Nester ab, Nester, die die Ornithologen noch immer für Ausnahmen zu halten scheinen, die aber nach seiner Erfahrung die Regel bilden. Er beschreibt sie folgendermaßen: „In Wirklichkeit hat dieses Nest eher die Form eines Weihkessels, dessen vollkommen kreisförmiger Rand einen inneren Durchmesser von 10 Zentimetern hat und sich eng an das Gesims anschließt, das



Uferschwalben-Kolonie. ◯ angenommene Röhren; ◌ nicht angenommene Röhren; ☐ fertige Röhren, als der Versuch begann.

ihm als Decke dient, mit Ausnahme des Ausschnittes, der als Eingang dient. An seiner breitesten Stelle erreicht dieser Spalt kaum 2 Zentimeter, gerade genügend Raum, um dem Vogel zu gestatten, in das Innere des Nestes zu schlüpfen."

Raspail berichtet auch, ohne damit die Legenden von der Überwinterung der Schwalben stützen zu wollen, von einer Hausschwalbe, deren Überwinterung in einem Stalle des Schlosses la Cave er selbst beobachtet hat. Das Tierchen zeigte sich lebhaft und munter, machte auf Fliegen, Mücken, Spinnen Jagd, Tiere, die hier alle einen Unterschlupf vor der Winterkälte gesucht hatten. Sobald im Februar milderes Wetter eintrat, unternahm es Ausflüge ins Freie und suchte auch hier Beute, kehrte aber immer rechtzeitig in ihr Asyl zurück. Auch schlossen die Diener niemals die Stallöffnungen, ohne sich zu vergewissern, daß ihr kleiner Schützling daheim war. Anfangs April, beim Eintreffen ihrer Artgenossen, verschwand die kleine Einsiedlerin, für deren Zurückbleiben im Herbst Raspail keinen Grund weiß. Diese Beobachtung, so schließt er, beweist einerseits, daß eine Schwalbe den ganzen Winter in unseren Gegenden leben kann, anderseits, daß die Berichte mancher Autoren über das Überwintern im Erstarrungszustand, ähnlich dem Winterschlafe einiger Säugetiere, ins Reich der Fabel gehören. Die gehaltvolle Arbeit Raspails sei der Aufmerksamkeit aller Vogelfreunde empfohlen, sie bietet reiche und vorzügliche Beobachtungen und sehr unterrichtende Abbildungen von Eiern und Nestern.

Kehren wir noch einen Moment zur Uferschwalbe zurück, so ist dem Gesagten hinzuzufügen, daß eine solche Schwalbenkolonie sich durch gelegentliche Zerstörung ihrer Niststätten, sogar durch Menschenhand, nicht abhalten läßt, am selben Orte weiter zu nisten. Schon F. H. v. Kittlitz*) berichtet, daß eine von Soldaten zerstörte Schwalbenkolonie nach 14 Tagen wieder völlig bevölkert war. In keinem der Nester hatte sich ein Junges gefunden, überall waren nur Eier, in jedem Neste fünf bis sechs, vorhanden, „woraus hervorzugehen scheint, daß diese Vögel sehr gleichmäßig das Geschäft ihrer Fortpflanzung betreiben." In den Endstücken der Röhren finden sich oft erstaunlich große Federn, nach W. Schuster sogar solche von Haus- und Perlhühnern.

Im Anschluß an diese Bemerkungen seien, obwohl später noch über andere Vogelzugsbeobachtungen und Theorien zu berichten ist, hier noch einige Beobachtungen W. Hagens über eigenartige Schwalbenzüge in der Umgebung Lübecks angeführt. Etwa 300 Exemplare der Hausschwalbe sah Hagen am 18. September 1901 kurz nach Sonnenuntergang in etwa 50 Meter Höhe in der Richtung Südost—Nordwest vorüberfliegen. Im Herbst 1903 an demselben Tage zogen über 1000 Rauchschwalben, nachdem sie laut schreiend reißenden Fluges bald dicht über dem Wasser, bald hoch in der Luft geschwärmt, bei zunehmender Dunkelheit still nach ONO ab. Ebenso bogen später kleinere Schwärme nach ONO ab (bis zum 14. Oktober). Ähnliche Beobachtungen wurden 1905 gemacht. Wahrscheinlich sind die beobachteten Vögel die Brutvögel Schleswig-Holsteins, die beim „Kattegat", einem Teiche an der Trave, wo der Knotenpunkt des Zuges zu sein scheint, nach ONO. abbiegend der mecklenburgischen Küste zufliegen und an ihr entlang gehen, analog dem von Baurat Wüstnei 1900 entdeckten Storchzuge, der bisher von Lübeck bis östlich der Odermündung festgestellt ist. Wegen des nächtlichen Ziehens der Schwalben ist ihre Wanderstraße viel schwieriger festzustellen. Hagen faßt seine Zugbeobachtungen folgendermaßen zusammen: Am Anfang der Zugperiode ziehen die Schwalben langsamer, höher und lassen ab und zu ihre Stimme hören, am Ende der Zugzeit geschieht der Zug schneller, tiefer und lautlos.**)

Zu den stark verfolgten Vögeln gehören die Eulen. Beim Uhu ist die Ausrottung schon so weit gediehen, daß der Ruf nach einer mäßigen Schonung bei allen Naturfreunden regen Widerhall finden dürfte. An der Hand einer Schrift des Forstmeisters Kurt Loos „Der Uhu in Böhmen" versucht Dr. Friedrich Knauer***) eine Rechtfertigung des alten Göttervogels, der als Begleiter des „wilden Jägers", ja vielleicht als Hauptursache der poetischen Sage von Wodans Jagd sicherlich ein wenig Nachsicht verdiente. Hohe Schußprämien und

*) Mém. de la Société Zool. de Paris, Tome 18, Heft 1—4.

*) Ungedruckte Tagebücher, herausg. von J. Moyat und W. Schuster: Journal f. Ornithologie, 54. Jahrg. (1906).
**) Ornithol. Monatsberichte, 14. Jahrg. (1906), Nr. 10.
***) Die Umschau, 10. Jahrg. (1906), Nr. 30.

die Verwendung zu Zwecken der Hüttenjagd haben bewirkt, daß in Böhmen, wo im letzten Jahrzehnte noch mindestens 50 Uhupaare ständig brüteten, heute nur noch etwa 25 Brutpaare vorhanden sind, daß der Uhu aus dem reichbevölkerten industriellen Nordböhmen, wo er früher stark verbreitet war, sehr verdrängt ist. Ist er nun in dem doch so wald- und wildreichen Böhmen, wo seine Existenzverhältnisse wirklich günstig sind, so dezimiert, daß er binnen kurzer Zeit aus der Vogelfauna des Landes zu streichen sein wird, wie mag es da in Ländern*) stehen, die ihm bezüglich seines Horstens und seiner Ernährung weit schlechtere Gelegenheit bieten!

Ist nun der Schaden, den die Uhus in ihrem heutigen so stark zurückgegangenen Bestande anrichten können, wirklich so groß, daß man die heftige Verfolgung dieser Eule nicht einstellen und sie ihr Leben weiterfristen lassen könnte?

Dr. Knauer und jeder echte Tier- und Naturfreund mit ihm bejaht diese Frage. Sicherlich richtet der Uhu unter den Objekten der Niederjagd argen Schaden an, da er besonders den Feldhasen nachstellt und nicht nur allerlei Kleinvögel, Hausgevögel, Bläßhühner jagt, sondern auch Rebhühner, Fasanen, Auer-, Birk- und Haselwild schlägt. Dagegen nützt er auch durch Vertilgung zahlreicher schädlicher Tiere, als Hamster, Kaninchen, Igel (?), Wildtauben (?), Krähen und nicht am wenigsten Wald- und Feldmäuse. Einen guten Teil seiner Schuld trägt er ferner dadurch ab, daß durch seine Hilfe bei der Hüttenjagd Hunderte von Schädlingen und Feinden der Niederjagd vernichtet werden.

Da gegenwärtig der Uhu von den eigentlichen Gebieten der Niederjagd durch die Verfolgung weit abgedrängt ist und sich in immer unwirtlichere Gebiete zurückzieht, so wäre es doch ernstlich zu erwägen, ob die recht spärlichen Bestände dieses alten Waldbeherrschers da, wo er keinen beträchtlichen Schaden anrichten kann, nicht vor gänzlicher Ausrottung zu bewahren wären. Möchten doch die Bestrebungen zum Schutze der Naturdenkmäler auch ihm und seinesgleichen zu gute kommen!

Zum Schutze der Kleineulen regt eine Arbeit von H. Freiherrn Geyr v. Schweppenburg, Untersuchung über die Nahrung einiger Eulen, an.**) Der Inhalt der Gewölle liefert ein im ganzen zuverlässiges Bild von dem wirtschaftlichen Werte der Eulen, und indem der Verfasser das Ergebnis seiner Untersuchungen aus den letzten drei Jahren mit den Resultaten früherer Gewöllprüfungen***) zusammenhält, kommt er zu dem Schlusse, daß die Eulen tatsächlich zu den wenigen nützlichen Vögeln gehören, die weder den Land- noch den Forstmann schädigen.

Ehe Geyr v. Schweppenburg den Nutzen und Schaden der Eulen feststellt, widmet er ihren Beutetieren eine kurze Betrachtung. Unter diesen darf der Maulwurf im allgemeinen als nützlich gelten, wenngleich das Verzehren von Regenwürmern und das Umwühlen von Gartenfeldern und Wiesen eine zweifelhafte Wohltat ist. Die Fledermäuse werden dadurch recht nützlich, daß sie sich hauptsächlich von nächtlich schwärmenden, durch ihre Raupen schädlichen Faltern nähren. Keineswegs als nützlich kann die Wasserspitzmaus (Crossopus fodiens) gelten, da sie durch das Verzehren von Fischen und Fischbrut direkt schädlich wird. Wenn die übrigen Spitzmäuse als direkt nützlich gelten, so hat dieses allgemeine Urteil so lange keinen Wert, als wir nicht wissen, welchen Insekten sie hauptsächlich nachstellen. Über den Wert unserer sämtlichen Mäuse und Ratten werden keine großen Meinungsverschiedenheiten herrschen. Und gerade sie in Schranken zu halten, sind nach des Verfassers Ansicht die Kleineulen wohl im stande. Sie können also der Mäuseplage vorbeugen; ist die Kalamität allerdings einmal ausgebrochen, so können auch die Eulen nichts anderes tun als sich sattfressen.

Unter Berücksichtigung des Gesagten erklärt Geyr v. Schweppenburg die Schleiereule (Strix flammea) wegen ihrer vorwiegenden Mäusenahrung für unbedingt nützlich. Maulwürfe, Fledermäuse und Singvögel werden so selten von ihr gefangen, daß man sie füglich ganz außer acht lassen kann. Ob die Vorliebe für Spitzmäuse dem wirtschaftlichen Werte der Schleiereule Abbruch tut, läßt sich nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse nicht beurteilen.

Der Steinkauz (Carine noctua) verliert für uns dadurch an Bedeutung, daß er sich besonders im Sommer vielfach von Insekten nährt, was natürlich ohne jede Bedeutung ist. Durch das Verfolgen von Mäusen wird er uns zweifellos recht nützlich, und sein Vogelraub ist zu gering, um zu seinen Ungunsten erheblich in die Wagschale zu fallen.

Beim Waldkauz (Syrnium aluco) ist die Sache zweifelhaft. Seine besondere Vorliebe für Maulwürfe sei ihm verziehen. Aber er fängt nicht wenig Vögel und ist wohl die einzige der besprochenen Eulen, die jungem Wilde in einzelnen Fällen gefährlich wird. Demgegenüber steht die Tatsache, daß mehr als drei Viertel seiner Nahrung aus kleinen Nagern besteht, und besonders die ziemlich starke Verfolgung der schädlichen Rötelmaus darf man ihm nicht zu niedrig anrechnen. Sein Nutzen überwiegt den von ihm angerichteten Schaden entschieden, aber von den einheimischen kleinen Eulen stehen seine Aktien entschieden am wenigsten gut.

In der Sumpfohreule (Asio otus) müssen wir den bisherigen Untersuchungen zufolge einen durchaus nützlichen Vogel sehen; er beeinträchtigt unsere Interessen ebenfalls nur in sehr geringem Maße und ist mit 96% Mäusen zweifellos einer der verdienstvollsten einheimischen Vögel. Unter den ohnehin selten von ihm gefangenen Kleinvögeln befinden sich sehr viele Sperlinge, und das übrige sind vielfach gewöhnliche Arten, Buch-, Berg- und Grünfinken.

„Diese kleine Arbeit — so schließt der Verfasser — zeigt also, was einsichtigen Leuten im großen und ganzen längst bekannt war, daß wir in unseren Kleineulen eine durchaus nützliche, weder den Land- noch Forstmann schädigende Vogelgruppe zu erblicken

*) An der Heilsberger Felswand bei Stadt Remda in Thüringen horstet der Uhu 1906 zum erstenmal wieder seit 11 Jahren. Leider wurden die drei Jungen aus dem Horste genommen. Andere Horstplätze im Thüringischen sind seit Jahrzehnten vom Uhu verlassen.

**) Journal f. Ornithol., 54. Jahrg., Heft 4.

***) Ornith. Monatsschrift, 29. Jahrg., Nr. 6.

haben. Es ist traurig, daß Unverstand sie noch so vielerorts rücksichtslos verfolgt. Meine Lieblinge waren sie stets, die schönäugigen, weichfederigen, lautlos fliegenden Eulen, und schmerzlich berührt es mich jedesmal, wenn man in den verschiedenen Jagdzeitungen Jahresstrecken findet, in denen Dutzende von Eulen aufgeführt werden. In einzelnen Fällen mag der Abschuß einzelner Eulen am Platze, sogar geboten sein; eine sinnlose Verfolgung ist nicht zu rechtfertigen. Hoffentlich kommen diese Zeilen recht vielen Eulenfeinden zu Gesicht; Zahlen beweisen, und diese glaube ich in hinlänglicher, durch exakte Untersuchungen gewonnener Menge geboten zu haben."

Bei manchen Vögeln möchte man aus ihrer Kleinheit und scheinbaren Schwäche den Schluß ziehen, daß sie gar nicht fähig sind, wesentlichen Schaden anzurichten. Wenn wir z. B. von der



Von Meisen geöffnete Walnüsse. Die übrig gebliebenen Schalenteile bilden Bügel über dem verhältnismäßig dicken unteren Teil; St. nach innen umgebrochene Stücke.

Kohlmeise hören, daß sie im Flugbauer über kleinere und schwächere Vögel herfällt und sie zu töten trachtet, ja daß sie nach Bechstein und Altum sogar größere Vögel förmlich beschleicht, sie durch jähen Anprall auf den Rücken wirft und so lange mit dem Schnabel bearbeitet, bis sie tot sind, daß sie dann mit kräftigen Schnabelhieben die Hirnkapsel öffnet und deren Inhalt gierig verzehrt: so erscheint uns das bei der Kleinheit und Zierlichkeit des Tierchens recht unwahrscheinlich. Dr. Dahms*) berichtet jedoch von einigen Fällen, aus denen die außerordentliche Kraft des Meisenschnabels hervorgeht. Der unscheinbare Vogel vermag die harte Schale der Walnuß aufzuschlagen und holt den Kern heraus, wobei die dickere Nahtpartie der Nuß wie ein Henkel stehen bleibt. Da verlieren denn auch Fälle wie die oben berichteten von ihrer Unwahrscheinlichkeit.

Eine andere niedliche Beobachtung, bei der es sich auch um die Kohlmeise handeln dürfte, teilt P. Speiser in „Natur und Schule" (Bd. 5, S. 510) mit. Er fand im Herbst 1905 im Gutspark zu Roslau (Kreis Sensburg) die Risse in der Borke einer Linde dazu benützt, die bekannten Flügelsamen einer Ahornart so hindurchzuziehen, daß das eigentliche Fruchtgehäuse nach oben sah, und dieses war dann aufgepickt. Oftmals mußte eine ziemlich bedeutende Geschicklichkeit dazu gehört haben, das dünne Flügelstück mit seinem dünnsten Ende in den Spalt zu bringen, es hindurchzuziehen und damit festzuklammern.

*) Die Umschau. 10. Jahrg., Nr. 38.

Über die Frage, ob die Spechte nützlich oder schädlich sind, hat sich kürzlich Prof. Dr. Hesse geäußert.*) Er findet, daß in den Anklagen Altums gegen diese Tiere, wenn sie auch hie und da zu weit gehen, viel Richtiges steckt. Die Spechte finden ihre Insektennahrung teils am Boden, teils auf den Bäumen. Vom Boden nehmen sie besonders die forstnützlichen Ameisen, die Lieblingsnahrung von Grün- und Schwarzspecht. Von den Bäumen lesen sie die Kerfe teils äußerlich ab, teils holen sie sie aus der Rinde und dem Holze hervor. So erbeuten sie zwar manche Schädlinge (Holzraupen, Larven von Holzwespen und vom Fichtenbock), aber bei weitem mehr indifferente, weder nützende noch schadende Insekten, vor allem Bockkäferlarven aus trockenem Holze und alten Stöcken. Gegen das verderbliche Heer der Rüssel- und Borkenkäfer bedeutet ihre Tätigkeit wenig. Sie finden ihre Beute mit dem Gesichte, nicht mit dem Geruche: austretendes Bohrmehl, Fluglöcher, kränkliches Aussehen der Bäume veranlaßt sie zu weiterem Suchen durch Anklopfen mit dem Schnabel; die Larvengänge der Borkenkäfer sind aber mit Fraßmehl erfüllt und deshalb nicht auf diese Weise zu entdecken. Das Auge mißleitet den Specht zuweilen, so daß er gesunde, insektenfreie Stämme anschlägt: es sind das besonders frisch gepflanzte Stämmchen oder einzelne eingesprengte Hölzer in gleichartigen Beständen (z. B. Birken im Kiefernwald) oder besonders auffällige Stämme fremder Holzarten; nicht selten werden solche so zerhackt, daß sie absterben. In Telegraphenstangen hacken Spechte, besonders in waldreichen Gegenden, tiefe und weite Löcher, die deren Festigkeit beeinträchtigen. Merkwürdig und wohl nicht der Insektensuche geltend ist das Ringeln der Bäume, wobei der Specht mit dichtstehenden Hieben die Rinde verletzt. Zuweilen werden solche Wunden, wenn sie zu überwallen beginnen, wiederholt angeschlagen, so daß schließlich vorspringende Ringwülste entstehen können, an denen man zuweilen durch 80 Jahresringe die Spuren der Spechteinschläge erkennt. Wahrscheinlich wird diese nur im Frühjahr vorgenommene Ringelung wegen des austretenden Saftes ausgeführt; wenigstens wurde beim großen Buntspecht beobachtet, daß er die frisch angeschlagenen Stellen beleckte. Ringelbäume mit Wülsten sind technisch entwertet. Zum Meißeln ihrer Höhlen wählen die Spechte kernkranke Stämme; aber das Fortschreiten der Fäulnis wird durch das Spechtloch befördert, und da im Jahre nicht eine, sondern bis zwölf (?) solcher Höhlen angelegt werden, wird immerhin merklich Schaden geschaffen. Im ganzen dürften sich Nutzen und Schaden die Wage halten. Wenn auch die Spechte gerade keine Wohltäter unserer Wälder sind, welcher Naturfreund möchte sie mit ihrem munteren Wesen, ihrem schmucken Kleide, ihrem geheimnisvoll in die

*) Jahreshefte des Ver. f. vaterl. Naturk. in Württ., Bd. 61 (1905), S. 72.

Weite schallenden Hämmern und Schnurren, die Träger alter Sagen und Naturmythen, im Walde entbehren! Die Forstkultur hat ihnen wie den Eichhörnchen das Leben sehr erschwert: machen wir's ihnen wenigstens nicht ganz unmöglich!

Schon einmal (Jahrb. III, S. 201) hatten wir Gelegenheit, des Eichhörnchens als Schädigers, und zwar damals unserer Singvögel, Erwähnung zu tun, da es ihnen nicht nur als Nestplünderer, sondern sogar als Fallensteller gefährlich werden soll. Leider ist damit das Sündenregister des sonst so niedlichen und unterhaltenden Äffchens unserer Wälder noch nicht erschöpft.

„Bedenkt man, so schreibt K. Eppner,*) wie mannigfach der Schaden ist, der vom Eichhörnchen angerichtet wird, sowohl durch Abbeißen der Triebe an Nadelhölzern, Ausfressen der Blütenknospen, durch Verzehren der Waldsämereien und durch Entrinden von Bäumen, wie auch durch Plündern von Obstgärten und Ausrauben von Vogelnestern, so muß man sich wundern, daß diesem Schädling nicht eifriger nachgestellt wird, daß nicht mit demselben Eifer nach seiner Dezimierung gestrebt wird, wie dies hinsichtlich anderer, in weit geringerem Maße gemeinschädlicher Tiere der Fall ist."

Wenn ein solcher Aufruf zur Vernichtung eines der wenigen freilebenden Säugetiere, die unsere Forsten noch beherbergen, aus dem Munde eines Forstmannes erschallt, so ist das zwar begreiflich, aber doch auch bedauerlich; denn es spricht daraus wieder einmal so recht grell der nichts weiter als seinen materiellen Vorteil ins Auge fassende und darüber alles andere vergessende menschliche Egoismus. „Du schädigst uns, verdirbst uns wertvolle Bäume! Fort mit dir, verschwinde vom Erdboden!" Und ein Wesen, das weit ältere Rechte an Wald und Baumfrucht besitzt als wir, wird der Vernichtung geweiht, und ein Stück Poesie der Natur mit ihm. Wie mögen kommende Geschlechter, die nach dieser Poesie dürsten werden, über unsere Zeit urteilen!

Um was handelt es sich hier nun? Hauptsächlich um Waldbeschädigungen mittels Schälens und Ringelns von Nadelhölzern, Kiefern, Lärchen, Fichten, Weißtannen. Die so beschädigten Bäume, meist junge Stangen bis zu 20 Jahren, sterben infolge der Verletzungen entweder ab oder bilden an Stelle des geschälten Wipfels mehrere (Kandelaberwuchs), wodurch der Baum den Nutzholzwert verliert. Der Grund des Schälens ist wahrscheinlich der Hunger, der das Tierchen im Nachwinter und Frühling im schärfsten quälen mag. Doch ist auch eine andere Ursache möglich. Eppner schreibt: „Das Schälen und Ringeln der Bäume ist keine dem Eichhörnchen immer und regelmäßig zukommende Eigenschaft; das Bemerkenswerte und zugleich Unerklärliche daran besteht darin, daß die fraglichen Ringelungen nur in unregelmäßigen Zeiträumen und an jeweils engbegrenzten Örtlichkeiten stattfinden, ohne daß bis heute eine Ursache für ihr Auftreten gefunden werden konnte. Man weiß nicht bestimmt, ob Hunger, Feinschmeckerei oder nur eine durch keines von beiden verursachte üble Angewohnheit, die bei einem Individuum plötzlich auftritt und — ähnlich dem Schälen des Rotwildes — sich dann auf einige andere überträgt, als Beweggrund hiezu betrachtet werden muß."

*) Naturwiss. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtsch., 3. Jahrg. (1905), Heft 3.

Die in Zweifel gestellte Angabe, daß Vögel in Eichhornnestern nächtigen (und dabei gelegentlich vom Eichhörnchen überrascht und gefressen werden), hat P. Wemer*) durch genaue Untersuchungen in westfälischen und rheinischen Waldungen bestätigt. Er untersuchte 83 Nester und fand in nicht weniger als 41 davon Exkremente und ausgefallene Federn von Vögeln. Ferner trieb er durch Anstoßen an den Stamm aus solchen Nestern abends Vögel heraus, oft nur einen, manchmal zwei, die in dem Eichhornnest übernachten wollten, Meisen und Goldhähnchen, und für letztere möchte er behaupten, daß sie mit Vorliebe diese Schlafstätte aufsuchen. Zweimal fand Wemer ein Haubenmeisennest (Parus cristatus mitratus) in ein Eichhornnest hineingebaut. In einem Falle kam die Brut hoch, im zweiten nahm das Eichhörnchen das Nest in Beschlag und zerstörte so das Meisennest.

Gehen wir zu einem neuen Gegenstande, der Intelligenz im Tierreiche und speziell unter den Vögeln über, so treffen wir auf große Meinungsunterschiede zwischen den Berufenen wie Unberufenen. Hie Intellekt! schallt es auf der einen, Hie Instinkt! auf der anderen Seite. Die Wahrheit dürfte nicht einmal, wie in anderen Fällen bisweilen, einfach in der Mitte liegen, sondern sich, wie mir scheint, entschieden auf die Seite der Antiintellektuellen neigen. Es ist nur gar zu schwer, sich bei Betrachtung der Handlungen der Tiere von der Neigung, alles zu vermenschlichen, freizumachen. In folgendem tritt im Anschluß an eine interessante Beobachtung das Verlockende solcher vermenschlichenden Betrachtungsweise zu Tage. W. Briecke in Hannover**) berichtet folgendes kleines Ereignis:

Auf dem unserer Wohnung gegenüberliegenden Schulhofe ergingen sich eine Anzahl Tauben, um gleich einigen Nebelkrähen sich an den von den Kindern verlorenen Frühstücksresten gütlich zu tun. Eine dem Schulvogt gehörige Katze erschien wahrscheinlich in der gleichen Absicht auf dem Platze, beobachtete eine Zeitlang die Tauben, die sich gar nicht um sie kümmerten, schlich sich näher heran und setzte, vermutlich aus Spielerei, zum Sprunge auf eine der Tauben an, als plötzlich eine in der Nähe auf einem Baume sitzende Nebelkrähe, die dem Treiben der Katze aufmerksam zugeschaut hatte, mit Geschrei auf diese herabstieß und sie durch Flügelschläge und Schnabelhiebe verjagte. Nach kurzer Zeit kam die Katze wieder, und nun wiederholte sich dasselbe Schauspiel, indem noch mehrere andere Nebelkrähen, die auf entfernteren Bäumen gesessen hatten, anscheinend zur Unterstützung ihrer Genossin herbeigeflogen kamen. Diesmal entzog sich aber die Katze den tätlichen Angriffen der Krähen noch rechtzeitig und kam nicht wieder zum Vorschein.

Der unbefangene Beobachter würde in dem Vorgang einen aus Futterneid hervorgehenden Angriff auf die als Feind schon instinktiv gehaßte Katze sehen; unser Gewährsmann schreibt: „Allem An-

*) Zoolog. Beobachter, 47. Jahrg., Nr. 5.
**) Naturw. Wochenschr., Bd. 5, Nr. 18.

schein nach liegt hier auf Seite der Nebelkrähen, die die Tauben vor einer ihnen von der Katze drohenden Gefahr zu schützen zu müssen glaubten, eine Art von Zusammengehörigkeitsgefühl vor, das sie veranlaßt, ihren Klassengenossen beizustehen, während den Tauben, denen die Katze seit langer Zeit bekannt war (wir hatten oft gesehen, daß die Katze gleichzeitig mit den Tauben auf dem Hofe war), deren Anwesenheit völlig gleichgültig und ungefährlich erschien."



Brachvogel (Numenius arquatus) an das Nest tretend.

Auch die von W. Schuster*) gestellte Frage: Warum baut der Storch das Nest noch weiter aus, wenn schon mitunter große Junge darin liegen? könnte man beantworten: damit die Jungen nicht aus dem zu eng gewordenen Neste herausfallen. Denn nur ein Hinausfallen, nicht ein Hinauswerfen der Jungstörche, das noch niemand mit eigenen Augen beobachtet habe, findet nach W. Schuster statt. Dem exakt naturwissenschaftlichen Realismus entsprechend wäre es, nicht zu sagen: das Nest wird ausgebaut, damit die Jungen nicht herausfallen — sie fallen tatsächlich trotz des Ausbauens manchmal noch heraus, auch hat nur ein Teil der Störche die Gewohnheit, das Nest während des Heranwachsens der Jungen zu erweitern, — sondern zu schließen: weil das Nest mit Holzstücken, Reisig, Wolle, großen Lumpen erweitert wird, fallen die Jungen nicht so leicht heraus. Was nun der Zweck dieser Gewohnheit ist, bleibt eine offene Frage. Sollte sie vielleicht die Jungen zur Betätigung des Nestbauens anreizen (die Jungen helfen oft spielend)? Aber auch in diesem Falle wäre kaum eine Absicht der Alten anzunehmen.

*) Zool. Beob., 47. Jahrg. (1906), Nr. 8.

Besäße der Vogel, das Tier überhaupt, Intelligenz in menschlichem Sinne, so müßte es zählen können, d. h. an sich ein Unterscheidungsvermögen für Vermehrung oder Verminderung einer Anzahl besitzen, ohne durch allerlei Tricks künstlich dressiert zu sein. Prof. Dr. Killermann erörtert in einem sehr interessanten Artikel*) die Frage: Können die Tiere, insbesondere die Vögel, zählen? und kommt zu dem Schlusse, daß, wie schon Platon behauptete, nur der Mensch unter allen übrigen lebenden Wesen zählen kann, und daß alle Tatsachen, die für das Zählvermögen der Tiere zu sprechen scheinen, nur auf Dressur zurückzuführen sind. Es sei von den Beispielen, die Prof. Killermann zur Bestätigung dieses Schlusses anführt, nur eines wiedergegeben.

Um den recht scheuen Brachvogel (Numenius arquatus) auf dem Neste zu photographieren, hatte der ausgezeichnete Naturbeobachter Kearton**) zum Aufenthaltsorte des Vogels einen künstlichen Felsen gebracht, um hinter demselben die Kamera aufzustellen. Der Vogel bemerkte es natürlich und hütete sich, zu Nest zu gehen, obwohl der Photograph $5^1/_2$ Stunden wartete. Es half nichts, er mußte „als Besiegter abziehen". Am nächsten Morgen begleitete ihn sein Onkel auf das Weideland, wo der Brachvogel brütete. Nachdem Kearton wieder in sein Versteck gekrochen, ging der Onkel mit seinen zwei Hunden auffällig davon. Er war kaum eine Viertelstunde fort, als der Vogel zu Keartons grenzenloser Freude ruhig zu seinen Eiern schritt. Er fühlte sich so sicher, daß er sogar die Augen schloß und ein „kurzes Schläfchen" machte, obwohl der Photograph nur 12 Meter entfernt arbeitete. Den gleichen Kniff verwendete Kearton mit demselben Erfolge später beim Photographieren des Kiebitz.

Die Erklärung für das sonderbare, geradezu dumme Verhalten der Vögel ist darin zu suchen, daß sie einfach nicht zählen können. Sie sahen die zwei Menschen, gewahrten in ihnen nur den Feind schlechthin, ohne sich zu fragen: das sind ja zwei! wo ist der andere hingekommen? Daß die Tiere so schnell vergessen hätten, auf den einen, der sich versteckte, zu achten, läßt sich wohl nicht annehmen, da sie sonst über ein ausgezeichnetes Gedächtnis hinsichtlich gewisser Dinge verfügen. Zählen kann offenbar nur der vernünftige Mensch. Beachtet man genauer, was „zählen" heißt, so besteht es darin, daß in Gedanken der Maßstab der Einheit an eine Vielheit gelegt wird. Es ist eine logische Operation, eine Arbeit des Verstandes, auch in seinen einfachsten Formen.

Unbegreiflich sicher und exakt arbeitet dagegen das, was wir in Ermanglung eines besseren Ausdruckes den Instinkt der Tiere nennen. Ein schönes Beispiel für die Sicherheit des Instinktgefühles bietet in seiner oben angeführten Arbeit Xavier Raspail. Es handelt sich um die Turteltaube, die übrigens nach unserem Autor keineswegs verdient, als das Symbol zarter und treuer Liebe gepriesen zu

*) Naturwiss. Wochenschr., Bd. 5, Nr. 24.

**) Tierleben in freier Natur. Photogr. Aufnahmen frei lebender Tiere von Ch. und R. Kearton. Deutsch von H. Müller. Halle a. S. 1905.

werden, wenigstens nicht, was die Mutterliebe angeht; denn sie verläßt nach seiner Beobachtung ohne Mitleid auf den geringsten Anlaß hin das Gelege und geht neuen Liebesfreuden nach.

Eine in der Nähe von Raspails Wohnung ihr Quartier aufschlagende wilde Turteltaube wurde unablässig von zwei Männchen verfolgt, die so ausdauernd waren, daß schließlich wahrscheinlich keines von ihnen zum Ziele kam und das „dreieckige" Verhältnis ein platonisches blieb. Trotzdem legte das Weibchen die üblichen zwei Eier und bebrütete sie 18 Tage lang, während die beiden Männchen auf benachbarten dürren Zweigen Wache hielten. Am 18. Tage der Bebrütung verließ das Weibchen das Gelege, und Raspail fand die Eier am Abend des Tages beide kalt und durchsichtig, also unbefruchtet. Ebenso erging es einem zweiten Gelege: auch bei diesem hörte das Weibchen genau am 18. Tage auf zu brüten, ohne ersichtliche äußere Veranlassung, aber bei gleichfalls tauben Eiern.

Auch die Haustauben brüten 18 Tage, und es ist wunderbar zu sehen, wie die Turteltaube, deren Brutzeit wahrscheinlich dieselbe ist, nach Ablauf der Frist sofort das Nest endgültig verließ. Daß sie die 18 Tage abgezählt, wird niemand annehmen. Als sie nach Ablauf der Zeit die Zeichen des klopfenden und pickenden Lebens unter sich nicht wahrnahm, sagte ihr der Instinkt, daß nun weitere Bemühungen fruchtlos seien. Wer ist dieser unbegreifliche Instinkt? Daß er nicht allmächtig und unfehlbar, beweist die Tatsache, daß er den Vogel nicht von der Bebrütung der unbefruchteten Eier überhaupt abhielt. Oder wird er in diesem Falle von dem mächtigeren Brutinstinkt, der das Tier treibt, auch nur einigermaßen täuschende Nachahmungen von Eiern anzunehmen, verdunkelt?

Daß die Tiere, speziell die Vögel, ästhetischer Regungen fähig seien, möchte man angesichts der Entfaltung von Schönheit und Pracht, welche wir an vielen männlichen Vögeln, Schmetterlingen und anderen Tieren gewahren, nicht ohne weiteres in Abrede stellen. Führt doch Darwin die schönen Farben auf geschlechtliche Zuchtwahl zurück und nimmt an, daß die Weibchen die Schönheit ihrer männlichen Genossen bewundern, während letztere ihre Reize mit ausgesuchter Sorgfalt und bester Wirkung in Gegenwart der Weibchen entfalten.

Dennoch beantwortet Karl Möbius die Frage, ob die Tiere Schönheit wahrnehmen, verneinend.*) Daß sie dasjenige, was wir zum Teil als Schönheit empfinden, verschiedene Farben, Formen und andere Eigenschaften der Gegenstände und auch ihrer Artgenossen, nicht nur sehen, sondern auch scharf unterscheiden, ist selbstverständlich. Aber geben honigsuchende Insekten und fruchtfressende Vögel wirklich Anzeichen, daß ihnen der Anblick schöner Blumen und Früchte ästhetischen Genuß bereitet wie uns? Sie überlassen sich nicht der Betrachtung der auffallenden Farben ihrer Nährgegenstände, sondern befriedigen, sobald sie bei der Nahrung angelangt sind, so schnell wie möglich ihren Hunger. Die uns entzückende Schönheit des Pfauenschweifes hat für die Pfauhenne höchstens einen ähnlichen Reizwert wie ein starker anziehender Duft, den das Männchen ausströmt, für das betreffende Weibchen.

Unsere Freude am Schönen beruht nur auf Gesichts- und Gehörsempfindungen. Reizungen der anderen Sinne können in uns zwar angenehme Gefühle erregen, versetzen uns aber nicht in ästhetische Stimmungen; sie bleiben stets an bestimmte Körperteile gebunden. Dagegen wenn wir Schönes sehen oder hören, haben wir keine wohligen Körpergefühle in den Augen oder Ohren. Wahrnehmungen des Schönen durch diese Sinnesorgane tragen einen vergeistigten Charakter, den die Geruchs-, Geschmacks- und Tastempfindungen nie gewinnen.

Ästhetischer Genuß entspringt aus dem anschaulichen mühelosen Erkennen des Gesetzmäßigen in Formen, Farben und Tönen, und voll verwirklicht ist das Schöne erst in dem, der es genießt. Nach der ersten Empfindung der schönen Erscheinung, die unsere Aufmerksamkeit auf sich zieht, erwarten wir ihre weiter fortgehende gesetzmäßige Wirkung; indem wir diese wahrnehmen, erleben wir die Harmonie unseres Empfindens und Denkens mit der schönen Wirklichkeit. Solcher Empfindungen sind die Tiere nicht fähig. Aus dem wiederholten Erleben von Tag und Nacht, von Sommer und Winter schließt kein Tier auf die gesetzmäßige Wiederkehr der Tages- und Jahreszeiten; wenn es Nester für die Brut baut, sie nährt und schützt, weiß es nicht, daß diese Tätigkeiten die Folge der vorher ausgeführten Begattung sind usw.

Das ganze psychische Verhalten der Tiere, bis zu den vollkommensten Vögeln und Säugetieren hinauf, widerspricht also der Meinung Darwins, daß die Männchen ihre Reize mit ausgesuchter Sorgfalt entfalten, und daß die Weibchen von den werbenden Männchen die in höherem Grade geschmückten zur Paarung auswählen.

Den Tieren dürfen wir also das Vermögen, Schönheit wahrzunehmen und zu schätzen, deshalb nicht zuschreiben, weil sie außer stande sind, das Gesetzmäßige in den auf sie einwirkenden Naturerscheinungen zu erkennen.

Eines der Hauptphänomene, in dem das vom Instinkt beherrschte und sicher geleitete Triebleben der Vögel zum Ausdruck kommt, der Vogelzug, hat auch im vergangenen Jahre neben einer größeren zusammenfassenden Arbeit von Hans Duncker*) eine Anzahl kleinerer wertvoller Arbeiten hervorgerufen.

Das Fundament des Vogelzuges liegt nach K. Guenther**) in drei Eigenschaften, deren Grundlagen auch wohl Standvögeln zukommen. Die erste dieser Eigenschaften ist der Drang, wenn sich zur Fortpflanzungszeit kein Platz zum Nisten findet, ihn wo anders zu suchen; die zweite ist der Instinkt, sich bei beginnender Kälte wieder dem Herkunftsorte zuzuwenden, wie ja viele Tiere bei eintretender Unbill jeder Art dahin zurückflüchten, von wo sie kamen. Die dritte Eigentümlichkeit ist die Beharrlichkeit oder der Mut, trotz der Vertreibung die Niststätte doch wieder aufzu-

*) Sitzungsber. der Akad. d. Wissensch., Berlin 1906.

*) Der Wanderzug der Vögel. Preisschrift. Jena 1905.

**) Verhandl. der deutsch. zoolog. Gesellschaft. 15. Jahresvers. 1905.

suchen, wenn die Fortpflanzungszeit kommt und kein anderer Platz sich bietet. Da nun Tiere mit diesen drei Eigenschaften, die sich immer finden mußten, am besten daran waren, die zahlreichste und kräftigste Nachkommenschaft erzeugten, so wurden auch die Eigenschaften weiterverbreitet und durch stete Auslese gesteigert. Die Ausbreitung dehnte sich, da allmählich auch nördliche Gebiete voll besetzt wurden, immer weiter nach Norden zu aus, und immer länger wurde infolgedessen der Flug. Weil das alles aber nicht plötzlich, sondern immer nur in kleinen Fortschritten vor sich ging, so fehlte es nie an den um etwas gesteigerten Variationen, welche der Theorie der Naturzüchtung zu Grunde liegen. Das ursprünglich einen reinen Fluchtinstinkt darstellende Heimfliegen wurde durch Naturzüchtung zu einem Fluginstinkt, der nicht erst durch eintretende Gefahr ausgelöst wurde, sondern entweder durch die Beendigung des Brutgeschäftes oder überhaupt nach einer bestimmten Zeit zur Befriedigung drängte. Ebenso wurden durch Naturauslese Schnelligkeit und Ausdauer des Fluges erhalten und gesteigert. Das Gedächtnis wird ebenfalls ganz allmählich bis zu seiner jetzigen Stärke zugenommen haben. Eine Erleichterung des Wanderfluges endlich bildet sicherlich die Gewohnheit der Vögel, den Zug in großen Schwärmen zu unternehmen, neben denen die kleinen Trupps und die einzelnen Wanderer Ausnahmen bilden.

Zu Vogelzugsbeobachtungen auf Reisen regt an dazu sehr geeigneter Stelle*) Dr. Parrot in München an. Er richtet seine Aufforderung nicht nur an die Ornithologen von Fach, sondern auch an die Laien, deren Mithilfe die ornithologische Wissenschaft so vielfache Förderung verdanke, und rät, die Beobachtung auf von der Heimat her bekannte charakteristische Gestalten, wie Rauchschwalbe, Storch, vielleicht auch weiße Bachstelze, Feldlerche und ähnliche, zu beschränken. Möglichst viele Beobachtungen, vor allem auch solche an Bord der Schiffe, über wenige Arten, aber aus möglichst zahlreichen und örtlich weit auseinander liegenden Gegenden sind geeignet, der Forschung als Stützpunkte zu dienen.

Unsere Erkenntnis hinsichtlich des Vogelzuges weist noch große Lücken auf. Wir kennen wohl jetzt die allgemeinen Zugzeiten, auch ungefähr die Richtungen, die eingeschlagen werden, können uns eine Vorstellung von der Schnelligkeit des eigentlichen Wanderzuges machen und wissen, daß der richtige Wanderflug in der Regel in sehr bedeutenden Höhen und bei der Mehrzahl der Arten nachts vor sich geht. Allgemein darf ferner angenommen werden, daß eine Führerschaft seitens der alten Vögel nicht besteht, da die Jungen im Herbst vor diesen abzuziehen und im Frühjahr nach ihnen einzutreffen pflegen. Aber daneben erscheinen sowohl prinzipielle Fragen wie auch manche Einzelheiten noch ungeklärt.

Noch besteht keine Einigung darüber, ob wir es mit Zugstraßen oder mit einem Frontalzuge zu tun haben — allem Anschein nach besteht eine Kombination beider Zugformen — und über die Wege, welche die einzelnen Arten und Stämme einschlagen, sind wir noch so gut wie ganz im unklaren, wenn wir auch wissen, daß Flußtäler und Küsten von den Wanderern bevorzugt werden. Aber auch die Gebirge scheinen keine wesentlichen Hindernisse zu bilden, und die Alpinisten sollten dem nicht allzu selten festgestellten Auftreten von Zugvögeln in der Gipfelregion mehr Beachtung schenken.

Auch über den meist stark überschätzten Einfluß, den Wind und Witterung für den Zug und die Besiedlung ausüben, sind wir ganz ungenügend orientiert.

Nicht auf spekulativer Grundlage ist nach Dr. Parrot eine Lösung des Vogelzugsproblems zu erwarten, sondern nur durch methodisch angelegte Sammlung und Bearbeitung von Einzeldaten. Zu solchen gehören z. B. genaue Notierungen der Aufbruchszeiten unserer Zugvögel aus den Winterquartieren, die bekanntlich vielfach tief im Innern Afrikas liegen, Sammeln von Belegobjekten, denen genaue Notizen über Fundort und Fundzeit beizufügen sind, ferner das Studium der geographischen Variabilität der Formen, aus dem sich Schlüsse auf die vermutliche Herkunft (Heimat) des betreffenden Stückes ziehen ließen.

Dr. Parrot gibt Anleitung, wie solche etwa auf Schiffen, Vogelmärkten fremder Städte, bei Leuchtturmwärtern und überhaupt in der Fremde erbeuteten Belegexemplare zu konservieren sind. Ihnen sowie jeder Beobachtung sind genaue Notierungen über Ort, Tag, Stunde, nähere Umstände und Witterungscharakter (Stärke und Richtung des Windes, Zug der Wolken, Nebelbildung, Niederschläge, Temperatur und Luftdruck) beizufügen. Derartige Präparate und Notizen wären einer Anstalt zu übergeben, die sich speziell mit Vogelzugsfragen beschäftigt, so der Ungarischen Ornithologischen Zentrale (Budapest), der Vogelwarte Rossitten (Kurische Nehrung) oder der Ornithologischen Gesellschaft in Bayern (München).

Einen sehr ausführlichen Bericht über Amsel und Singdrossel in den Städten gibt Prof. Dr. Killermann in Regensburg.*) Es geht daraus hervor, daß der Amsel, die übrigens nach dem Berichte des alten schweizerischen Naturforschers Konrad Gesner schon im 16. Jahrhundert die Städte bevorzugt zu haben scheint, jetzt auch die Singdrossel im Zuge nach der Stadt zu folgen scheint. Die Amsel muß schon seit Jahrhunderten im Winter bei uns geblieben, also nicht nur Zug-, sondern auch Standvogel gewesen sein, wie ja anderseits auch unsere Rauchschwalbe in Nordtunesien und Algerien als Brutvogel vorkommt. Killermann möchte dies Überwintern der Drosseln und den Zug nach den Städten weniger für eine Anpassung, d. h. ein Gewinnen neuer Eigenschaften, als für eine Ausnützung günstiger Verhältnisse ansehen. Spätere Forscher werden feststellen, ob sie sich immer mehr das Bürgerrecht in den Städten aneignet, oder ob der Anlauf, den sie dazu genommen, wieder abflaut.

Eine reiche Sammlung von Beobachtungen über Ab- und Zunahme, periodisch stärkeres und schwächeres Auftreten unserer Vögel für verschie-

*) Globus, Bd. 89 (1906), Nr. 8.

*) Naturwiss. Wochenschr., Bd. 5 (1906), Nr. 21.

dene Landesteile Deutschlands und der Schweiz gibt an der Hand statistischer Feststellungen W. Schuster.*) Interessant sind die Angaben über die Spechtarten, den Fischreiher, den weißen und den schwarzen Storch, die Adlerarten, den Uhu, der hier wie alle stattlichen Räuber als dem Untergange geweiht bezeichnet wird, und die übrigen Eulen. Dem Kolkraben scheint's nicht besser als dem Uhu zu ergehen. Von manchen Zugvögeln hören wir, daß sie zahlreicher überwintern, z. B. vom Buchfink, Zaunkönig (einzeln), Schwarzamsel (zahlreich), Wacholderdrossel, Star.

Wie ungenau vielfach die in gerühmten naturgeschichtlichen Werken angeführten Beobachtungen einheimischer Tiere sind, lehrt eine unlängst veröffentlichte Reihe von Artikeln über die Nahrung, das Zischen und Trinken der einheimischen Schlangen.**)

K. C. Rothe in Wien bemängelt einige Angaben im dritten Bande von Marschalls „Tiere der Erde". Dort findet sich über die Schlangen folgende Stelle: „Sie trinken nicht leckend, wie die Hunde, sondern wie die Vögel, d. h. sie füllen ihr Maul damit und heben den Kopf und den vordersten Körperteil in die Höhe und lassen es in den Schlund gleiten." Von den von Rothe beobachteten Schlangen trank keine wie ein Vogel, sondern jede mit deutlichen Schluckbewegungen. A. Uhlemann-Plauen bestätigt dies von der Kreuzotter, der glatten und der Ringelnatter. Diese Schlangen trinken nach ihm mehr saugend, wobei sich der Unterkiefer etwas bewegt und die Zunge im vordersten Teile ein und aus gleitet. Blindschleichen, die allerdings nicht zu den Schlangen gehören, stecken den Kopf meist zur Hälfte unter den Wasserspiegel und lecken mit der breiten Zunge. E. Friedel hat bei der Ringel- und der glatten Natter oder Jachschlange und bei anderen Natterarten das Trinken, Schlürfen im Wasser selbst zum öfteren bemerkt. Ein Trinken nach Vogelart kann keiner dieser Beobachter bestätigen.

Marshall behauptet ferner, daß die Schlangen nicht zischen, er habe es nie gehört. Hätte er, so bemerkt Rothe, wenigstens eine Ringelnatter im Freien gefangen, oder eine frisch gefangene gepflegt, so hätte er das Zischen oft gehört. Schlangen, die schon monatelang in der Gefangenschaft sind, antworten allerdings nicht mehr auf jede Störung mit Zischen. Uhlemann hat den Zischlaut stets beim Fang der Ringelnatter, der Kreuzotter und der glatten Natter gehört. Am wütendsten und langanhaltend stößt ihn die Ringelnatter aus, wobei die Zungenspitzen straffgespannt aus der Bucht des Rostralschildes hervorragen. Kreuzottern zischen schon bei bloßer Annäherung, was auch Landesgeologe Dr. P. G. Krause bestätigt. In Ostpreußen auf einem Steinhaufen niedersitzend, vernahm er in seiner unmittelbaren Nähe ein Zischen und erblickte, sich umwendend, in Greifnähe zwei Kreuzottern, eine braun und eine schwarz gefärbte, die sich hier sonnten und ihn weiter anzischten. Geheimrat Friedel wurde, beim Wallfahrtskloster St. Maria Waldrast, etwa 1000 Meter oberhalb Innsbrucks, an einer der offenen Rosenkranzstationen vorübergehend, durch ein starkes Zischen veranlaßt, in den kapellenartigen Raum hineinzublicken. Er bemerkte dort eine sehr starke Kreuzotter, von der das Zischen herrührte, und erschlug sie mit dem Alpenstock. Eine glatte Natter in der Gegend von Oderberg in der Mark kam aus Steintrümmern, in denen Friedel suchte, mit wütendem Zischen hervor und biß ihn in die Hand. Beim Ergreifen der Ringelnatter bemerkt man neben dem Zischen auch den von einer Drüsenabsonderung herrührenden unangenehmen Knoblauchgeruch. Uhlemann meint, der ganze Körper scheine diesen üblen Geruch abzusondern, der sich bei gefangenen Tieren aber nur in seltenen Fällen bemerklich mache. Daß ein so hochverdienter Gelehrter wie Marshall das Zischen der Schlangen nicht kennt, ist, wie Dr. E. Enslin meint, ein Zeichen für die bedauerliche Tatsache, daß in der heutigen Naturforschung die Beobachtung der Natur selbst immer mehr in den Hintergrund gerückt wird.

In der Nahrung der Ringelnatter spielen nach Uhlemann, der das Tier im Freien und besonders im Terrarium beobachtet hat, die Mäuse, Insekten und Würmer keine Rolle. Ihre Hauptnahrung bilden neben kleineren und mittleren Gras- und Moorfröschen die Molche, Schmerlen und andere Fische. Den Alpenmolch und den kleinen Wassermolch verschlingt sie bis zu 20 Stück ohne sichtliche Beschwerden; der große Wassermolch dagegen setzt sich vermöge seiner Stärke und mit Hilfe seines nach Knoblauch riechenden Hautsekrets oft erfolgreich zur Wehr. Uhlemann beobachtete oft, wie frisch gefangene Kamm-Molche von der Natter gepackt, aber bald unter Zeichen großen Widerwillens fahren gelassen wurden; wiederholtes Aufsperren des Rachens und Abstreifen der Kiefer an Steinen und Pflanzen bezeugen die schützende Wirkung des Drüsensaftes. Der Kammolch ebenso wie der auch durch Drüsensaft geschützte Feuersalamander dürften also nicht zu den Tieren gehören, die der Ringelnatter im Freien als Nahrung dienen. Auch die Unken erfreuen sich des schützenden Sekrets in vollkommenster Weise. Beißt eine Ringelnatter nach einer schwimmenden Unke, so entledigt sie sich meist sehr entsetzt ihrer Beute. Diese kleinen Teichbewohner, die durch Schutzfarbe des Rückens, durch Schreckfarbe der Bauchseite und durch Scheintodstellung gegen Angreifer gut gesichert sind, vermögen in höchster Gefahr derartig Schleim abzusondern, daß sie völlig in Seifenschaum gebettet erscheinen. Die Absonderung kann sogar für andere Lurche tödlich wirken. Auch die Kröten kommen wegen ihrer nächtlichen Lebensweise als Nahrung der Ringelnatter nicht recht in Frage. Vom grünen Wasserfrosch bewältigt sie nur kleine Exemplare; größere besitzen eine beträchtliche Kraft in den Hinterbeinen und zerren nicht nur gewaltig, wenn sie an ihnen gepackt werden, sondern besudeln den Angreifer auch noch mit einem kräftigen Strahl wasserheller Flüssigkeit an Kopf und Rachen, wahrscheinlich mit Urin.

---

*) Neue intereff. Tatsachen aus d. Leben der deutsch. Tiere. Frankf. a. M. 1906.

**) Naturw. Wochenschrift, Bd. 4, Nr. 47, Bd. 5, Nr. 11. 14, 20, 26 und 40.

Als fast ausschließliche Nahrung der Ringelnatter ist demnach Triton taeniatus und alpestris, Rana temporaria, arvalis und agilis, kleinere Wasserfrösche und Fische zu bezeichnen.

Verschmäht die Ringelnatter Mäuse, so scheint dafür die glatte Natter eine um so eifrigere Mäusejägerin zu sein. K. C. Rothe bestreitet das allerdings; Dr. E. Enslin hat jedoch im fränkischen Jura oft glatte Nattern gefangen, deren Mageninhalt ausschließlich aus Mäusen bestand, und es kam auch vor, daß gefangene Nattern auf dem Transport Mäuse ausspien. Allerdings handelte es sich stets nur um junge Mäuse; ausgewachsene scheinen durch den Haarpelz vor dem Gefressenwerden geschützt zu sein, und diejenigen Forscher, die leugnen, daß Coronella austriaca Mäuse frißt, haben wohl versucht, sie mit erwachsenen Tieren zu füttern, anstatt mit jungen. Doch sagt auch W. Haacke (Das Tierleben der Erde): „Ihre eigentliche Nahrung besteht aus kleinen Eidechsen und Blindschleichen, selten oder ausnahmsweise aus Mäusen, Spitzmäusen und kleinen Schlangen."

Es geht aus diesen wenigen Streitpunkten wiederum hervor, wieviel Erforschenswertes die heimischen Fluren und Wälder noch bergen. Möge jeder kommende Lenz immer wieder neue Scharen junger und alter Forscher ins Freie locken!

Der Mensch.

(Urgeschichte, Anthropologie, Physiologie.)

Vom Eolithen zum Vinetariff. * Lust und Schmerz.

Vom Eolithen zum Vinetariff.

Dank glücklicher Funde und scharfsinniger Untersuchungen sind auch im abgelaufenen Jahre die urgeschichtlichen Probleme zum Teil um ein gut Stück weitergerückt. Vor allem haben die Eolithen den heißen Streit, den sie sofort bei ihrem Auftauchen entfachten, rege zu erhalten gewußt. Daß sie noch im Mittelpunkt des Interesses der Prähistoriker stehen, bewies die 13. Sitzung des Internationalen Kongresses für Anthropologie und Urgeschichte in Nizza, auf dem die in vorquarternären Zeiten bearbeiteten oder benützten Steine, d. h. eben die Eolithen, eine überaus lebhafte Debatte erregten. Am hitzigsten focht M. Rutot für seine Schützlinge. Er verwarf die Unterscheidung wahrer und vermeintlicher Eolithen, auch dürfte, um das Problem zu lösen, kein Unterschied zwischen den belgischen, englischen, französischen und deutschen Eolithen gemacht werden: entweder sind sie alle ein Spiel der Natur, oder sie stellen sämtlich die primitive menschliche Industrie dar. Es konnten sich jedoch von den Anwesenden wohl nur wenige dem Eindruck verschließen, daß die aus den Kreidefabriken von Mantes stammenden, von Boule und Obermaier vorgelegten Eolithen (siehe Jahrb. IV, S. 226) ebenso schön seien wie die, deren Benützung seitens des Tertiärmenschen man annimmt. *)

Sehr heftig zieht Prof. Verworn**) gegen die Verächter der tertiären Eolithen zu Feld. Er hat die Ausgrabungen, die er im April des Jahres 1905 bei Aurillac in der Auvergne unternahm, an gleicher Stelle (Puy de Boudieu) fortgesetzt, und zwar im Vereine mit zwei deutschen Professoren, Kallius aus Göttingen und Bonnet aus Greifswald. Das Ergebnis dieser Ausgrabungen und der spätere Vergleich des gesamten Materials mit „Pseudoeolithen" aus den Kreideschlämmereien von Mantes und Saßnitz bestätigen nach Prof. Verworns Ansicht vollkommen und unumstößlich die künstliche Bearbeitung (Manufaktnatur) der Archäolithen von Aurillac. Die „Pseudoeolithen" von Boule und Obermaier seien etwas völlig von jenen Verschiedenes und lieferten einen glänzenden Beweis dafür, daß das Spiel der Kräfte in den Kreidemühlen ganz andere Erscheinungen erzeuge, als sie die Eolithen von Aurignac zeigen.

Sehr richtig ist es wohl, wenn Verworn behauptet, es sei Boule und Obermaier durchaus nicht gelungen, durch ihre Beobachtungen in den Kreidemühlen den Beweis zu liefern, daß auch in der Natur durch bewegtes Wasser gleiche Erscheinungen hervorgebracht werden können, wie sie die Feuersteine der Kreidemühlen zeigen. Aber ist denn damit das Gegenteil bewiesen, ist vor allem damit bewiesen, daß fließendes Wasser in der Natur nicht Erscheinungen hervorrufen könne, wie sie die für echt erklärten, für Manufakte gehaltenen Eolithen zeigen?

Um seinen Standpunkt zu behaupten, weist Dr. Obermaier*) auf die Massenhaftigkeit des Vorkommens der Eolithen hin. Das setze eine gewaltige Bevölkerung voraus, von der man aber nicht die geringsten Skelettreste gefunden hat, während die den Eolithen gleichzeitige Fauna stark vertreten ist. Nicht weniger auffallend und gegen die Herstellung durch Menschenhand zeugend sei die geographische Verbreitung der Eolithen, die nur in Flußablagerungen und nur in feuersteinreichen Gegenden vorkommen. Danach ist das Eolithvorkommen an fließendes Wasser und Feuerstein gebunden, mit anderen Worten: es handelt sich um ein geologisch-geographisches Phänomen. Warum sollte der angenommene Tertiärmensch, der doch frei umherschweifen konnte, nicht auch andere Gegenden aufgesucht haben, die diese Bedingungen zwar nicht,

*) L'Anthropologie, T. 17 (1906), Nr. 1—2, S. 117 ff.

**) Abhandl. der k. Ges. der Wissensch. zu Göttingen, math.-phys. Klasse, Bd. 4 (1906), Nr. 4.

*) Man, 1905, Decembre.

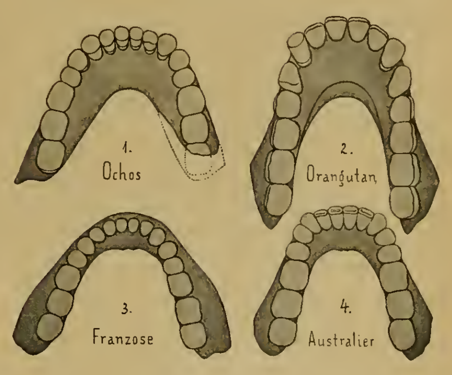
dagegen aber genug andere Steine zur Bearbeitung boten?

Ob diese miozänen Eolithen aus Frankreich also wirklich sämtlich tertiäre Manufakte sind, ob sie in allen Stücken mit den bisher aus Deutschland beschriebenen altdiluvialen Eolithen übereinstimmen, ob sie einem älteren Urmenschen zuzuschreiben sind, das alles harrt noch der unumstößlichen Entscheidung. Wie nun, wenn auch die auf deutschem Boden aufgetauchten jüngeren Eolithen nicht durch Menschenhilfe, sondern auf natürliche Weise ihre Gestaltung empfangen hätten?

Einen Beweis für die natürliche Entstehung der Eolithen im norddeutschen Diluvium versucht ein mit dem Diluvium dieser Gegend vertrauter Geologe, Dr. Fritz Wiegers, zu führen.*) Unzweifelhaft paläolithische Artefakte sind in verschiedenen interglazialen und glazialen Ablagerungen, z. B. bei Taubach, Hundisburg, Rübeland, Thiede, Westeregeln, gefunden worden, aber stets nur in sehr geringer Anzahl und meist zusammen mit anderen Spuren menschlichen Daseins. Einige echte paläolithische Artefakte sind auch auf sekundärer Lagerstätte, d. h. nicht am Orte ihrer Erzeugung oder Herstellung, entdeckt worden, z. B. bei Neuhaldensleben, Salzwedel, und zwar in Flußablagerungen der letzten Eiszeit, also verschwemmt. Außerdem bergen diese fluvioglazialen Ablagerungen aber die zu großen Massen ausgebeuteten Eolithe, von denen bisher ungefähr ein Dutzend Fundorte angegeben sind. Diese sogenannten Eolithe kommen nur in groben Kiesen und Schottern, dagegen nicht in Sandschichten vor und sind, im norddeutschen Diluvium wenigstens, auf natürliche Weise entstanden. Wiegers sieht in ihnen nichts anderes als durch die Wirkung des strömenden Wassers umgeformte Feuersteine.

Von den Menschen, welche die unverkennbaren diluvialen Eolithe geformt, ist leider gar zu wenig bekannt. Deshalb wird jeder Fund paläolithischer Menschenreste, seien sie auch noch so geringfügig, mit Freuden begrüßt und zum Ausgangspunkt gediegener Untersuchungen gemacht. Die wichtigsten der neueren Funde von Resten des Homo primigenius, des altdiluvialen Urmenschen, sind alle im Bereiche der österreichisch-ungarischen Monarchie gemacht: auf den mährischen „Schipkakiefer", einen sehr großen, aber noch die Milchzähne tragenden, also einem Kinde angehörenden Unterkiefer folgten die großartigen Funde von Krapina in Kroatien, die bedeutendsten Reste, die bisher vom Urmenschen zeugen, und ihnen der im Jahre 1905 gemachte Fund eines Unterkiefers bei Ochos, im Brünner Höhlengebiete.

Prof. A. Rzehak in Brünn hat diesen Fund einer ausführlichen Beschreibung unterzogen.**) Die Dimensionen des Ochoskiefers, der einem Erwachsenen angehörte, sind derartig, daß neben ihm die Größe des kindlichen Schipkakiefers gar nicht mehr befremdlich erscheint. Es war eben eine Besonderheit des altdiluvialen Menschen, daß seine Kauwerkzeuge außerordentlich kräftig entwickelt waren, ohne daß er an Körpergröße den heutigen Menschen übertroffen hätte. Der Kiefergröße entspricht auch die Größe der Zähne, deren ziemlich starke Abnützung, besonders an den Vorderzähnen, auf eine sehr grobe Nahrung hinweist. Der Zahnbogen nähert sich der U-Form, ähnlich wie beim heutigen Australier. Die innere Seite des Unterkiefers von Ochos erscheint, von oben gesehen, bedeutend größer als der sichtbare Teil des äußeren Knochens und erinnert in dieser Hinsicht an den Unterkiefer des Orang-Utans, so daß wir es hier mit einem pithekoiden, d. h. an die Menschenaffen erinnernden Merkmal zu tun haben, das mit dem Zurücktreten oder gar gänzlichen Fehlen des Kinnes Hand in Hand geht. Diese Prognathie, das senkrechte Abfallen oder nach



Unterkiefer (in der Aufsicht).

hinten Zurücktreten der vorderen Unterkieferwand, zeichnet auch alle anderen sicher altdiluvialen Menschenkiefer aus, ist also ein Rassenmerkmal des Homo primigenius.

Nicht alle Paläolithiker gehören dieser Rasse oder Gruppe an. Es gibt, wie Prof. Kollmann*) in einer Arbeit über den Schädel von Kleinkems und die Neandertal-Spy-Gruppe bemerkt, paläolithische Schädel, die neuerdings zu den rezenten Formen des Homo sapiens gerechnet werden, darunter die Schädel von Cro-Magnon, Egisheim, Tilburg, Engis, St. Denise und Chancelade. Der Schädel von Kleinkems, einer Station der jüngeren Steinzeit in Baden, die M. Mieg beschreibt,**) besteht nur aus dem oberen Teile des Hirnschädels und stammt von einem Manne. Er ist brachyzephal und gehört zu den rezenten (jüngeren) Formen des Diluviums, die von der Neandertal-Spy-Gruppe verschieden sind. Letztere Rasse ist nach Schwalbe ausgestorben; aber alle die rezenten Formen, welche die Erde bevölkern, sind von hohem Alter und sind seit dem Diluvium die nämlichen geblieben.

Schon im Diluvium lassen sich Lang- und Kurzschädel nachweisen, so daß also Europa schon in

*) Monatsber. der Deutsch geolog. Gesellsch., 1905, Nr. 12

**) Der Unterkiefer von Ochos. Ein Beitrag zur Kenntnis des altdiluvialen Menschen. Brünn 1906.

*) Archiv für Anthropol., Bd. 5 (1906), Heft 3 4.

**) Ebenda.

jener längstvergangenen Erdepoche mehrere Formen des Menschen besaß. Diese höchst erstaunliche Tatsache hat jüngst Kramberger wieder durch die Mitteilung bestätigt, daß unter den Funden von Krapina ein brachyzephaler Schädel (Index 82) nachgewiesen sei, neben den langen Formen des Neandertaltypus und sonst von der nämlichen Beschaffenheit.

Es läßt sich also gegenwärtig von dem Homo primigenius nach Merkmal, Verbreitung und Vorkommen folgendes sagen: Sein Schädel war kurz-, mittel- oder langköpfig, das Schädeldach mehr oder minder flach oder bauchig, die Stirn fliehend mit kräftigen, vorstehenden Augenbrauenrändern, der Processus mastoïdeus schwach, das Tympanum dick. Er war im älteren Diluvium Frankreichs, Belgiens, Kroatiens und Mährens verbreitet, Reste von ihm sind zu Neandertal, Spy, Krapina, La Naulette, Malarnaud, d'Arcy und Schipka gefunden. Nach Prof. Kollmanns Ansicht zeigen die alten Schädel des Diluviums eine große Variabilität, liefern aber keine Beweise für die Existenz einer besonderen Spezies, wie Prof. Schwalbe und andere wollen.

Nach Kollmanns Auffassung erhält die Variabilität des Europäers eine höchst bedeutungsvolle Ausdehnung, an deren Vorhandensein früher niemand gedacht hat. Jetzt erst wird die ganze Skala der Veränderungen, welche der Schädel des weißen Mannes durchlaufen kann, bekannt, sie beginnt mit Neandertal-Spy und Krapina und steigt von der fliehenden Stirn hinauf bis zu den besten Formen. Es gibt auch jetzt noch Menschen mit fliehender Stirn und verdickten Augenbrauenrändern, genau wie im Diluvium. Wenn solche Merkmale auch gegenwärtig noch bei Australierschädeln zu finden sind, so liegt hier nach Kollmann keine direkte Abstammung, sondern eine Konvergenzerscheinung vor. Erstere könnte nur angenommen werden, wenn schon alle Affen ohne Ausnahmen verdickte Orbitalränder und fliehende Stirnen besäßen. Der Pithecanthropus befindet sich nicht unter den direkten Ahnen des Menschen; wahrscheinlich hat ein naher Verwandter des Schimpansen aus dem Tertiär die Wurzel des Menschenstammes enthalten, wofür der von Kollmann ausführlich geschilderte Schädelbau des Schimpansensäuglings und die Anatomie der erwachsenen Tiere spreche.

Von diesen Abstammungsfragen, über die der Streit voraussichtlich noch durch Generationen unentschieden hin und her wogen dürfte, führt uns der schöne Bericht G. Steinmanns*) über die paläolithische Renntierstaton von Munzingen am Tuniberge bei Freiburg i. B. auf den Boden gesicherter Tatsachen zurück. Der Fundort ist schon ein Menschenalter bekannt, wird hier aber auf Grund neuer geologischer Untersuchungen und erneuter Bearbeitung der Fundstücke zum erstenmal erschöpfend geschildert, wobei sich verschiedene neue Resultate ergeben.

Die Station ist in den jüngeren Löß eingebettet, der am Tuniberge in einer Mächtigkeit bis zu 12 Meter allgemein verbreitet ist, und dessen Gesamtprofil deutlich eine allmähliche Klimaänderung wiederspiegelt. Als die tiefsten Schichten gebildet wurden, waren reichliche Niederschläge vorhanden, überall wurden an den Gebirgen die älteren Lößmassen abgespült und am Fuße der Gehänge und in den Niederungen zusammengeschwemmt, dabei mit Geröll und Sand, organischen Resten, wie Schneckenschalen u. a., vermischt. Je höher die Lagen des Lößprofils liegen, um so mehr treten die Wirkungen der Niederschläge zurück, die Schwemmspuren nehmen ab, die Schnecken werden seltener, die Säugetierreste verschwinden. Die obersten Lagen sind offenbar unter einem Klima entstanden, das im Rheintale nur äußerst spärliche Niederschläge erzeugte und die Pflanzen- und Tierwelt wohl auf das Bereich der Flußtäler und die höheren Gebirgsregionen beschränkte. Der Löß wurde fast nur noch durch den Wind umgelagert, er gelangte deshalb ungeschichtet und fossilfrei zum Absatz. Das Klima war äußerst trocken, steppenartig geworden. Als der paläolithische Mensch bei Munzingen lebte, vollzog sich gerade der Übergang in dieses extreme trockene Klima.

Die Munzinger Funde bestehen größtenteils aus Stein- oder Knochenwerkzeugen, die zumeist an den Kanten und Spitzen stark abgenützt sind. Die Zahl dieser Werkzeuge und ihrer Abfälle reicht nicht entfernt an den Reichtum mancher anderen Lößstationen, wie Krems, Predmost u. a., heran. Es hat vielmehr den Anschein, als hätte nur eine Horde von wenigen Köpfen eine Reihe von Jahren, und auch während dieser vielleicht nur vorübergehend, am Tuniberge geweilt. Von den etwa 300 bei Munzingen zu Tage geförderten Feuersteinen läßt sich etwa die Hälfte bestimmt als Werkzeuge ansprechen; man erhält den Eindruck, als hätte der Munzinger Jäger jeden Splitter und jedes Kernstück, die nicht von vornherein unbedingt unbrauchbar waren, auszunützen versucht. Die meisten Werkzeuge sind nur durch Schlagen erzeugt, ungefähr ein Dutzend ist vollkommen retouchiert, und zwar sehr sorgfältig, aber im allgemeinen nur auf einer Seite. Von den Feuersteinkernen hat der Paläolithiker offenbar manche, die durch Abschlagen kleiner Schaber und Messerchen eine handliche Gestalt erhalten haben, als Werkzeuge gebraucht, nachdem er sie teilweise noch durch Nachbearbeitung (Retouche) zurechtgestutzt hatte.

Diese Steinindustrie steht genau auf der Höhe der Solutréstufe (nach der von Hoernes gegebenen Einteilung) und stimmt völlig mit der Steinkultur der Lößfunde in Niederösterreich, Mähren und Böhmen überein. Auf ein beträchtlich hohes Alter der Station, älter als die Madelainestufe, lassen die wenigen und groben, aller Verzierung baren Knochenwerkzeuge (Renntierknochen) schließen. Merkwürdig und auf den ersten Blick damit kaum vereinbar erscheint die Tatsache, daß in Munzingen weder Mammut noch Pferd gefunden ist, ebensowenig Nashorn oder ein anderes Diluvialtier, weswegen die Station von jeher als „Renntierstation" klassifiziert ist. Die Rekurrenzzone des Löß, die unmittelbar unter der Munzinger Kulturschicht liegt, ist überall im Oberrheingebiete das Hauptlager von Pferd,

*) Archiv für Anthropol., Bd. 5 (1906), Heft 3/4.

Mammut, Nashorn usw. Wir müssen also annehmen, daß nach dem durch die ungünstiger werdenden Verhältnisse bedingten Abzuge der übrigen Jagdtiere das genügsame Renn noch einige Zeit hier aushielt und den Paläolithikern Nahrung bot.

Die Munzinger Funde lehren also, daß es nicht richtig ist, von einer „Renntierzeit" und „Mammutzeit" als fest umschriebenen chronologischen Perioden zu reden. Vielmehr haben wir uns den Wechsel der Faunen zur jüngeren Diluvialzeit etwa so vorzustellen: Zeitweise, wie zur Rekurrenzzeit des Jüngeren Löß, haben die größeren Diluvialtiere nebeneinander am gleichen Orte gelebt, die anspruchsvolleren Grasfresser sowohl wie das Renn. Mit der Austrocknung des Klimas und dem Schwinden der Vegetation sind die ersteren der weichenden Pflanzenwelt gefolgt, das Renn allein ist zunächst noch geblieben, schließlich aber ebenfalls abgezogen, und der Mensch hat sich den Tieren angeschlossen. Mit dem Beginne der letzten (Würm-)Eiszeit, als die Vegetation wieder reichlicher wurde, sind die Tiere wiedergekehrt, vielleicht das Renn zuerst, die anderen später. Ähnliche Verschiebungen haben vielleicht auch aus Anlaß der geringeren klimatischen Schwankungen der Postglazialzeit stattgefunden, so daß zu wiederholten Malen am gleichen Orte eine **reiche** Diluvialfauna mit Mammut, Pferd, Nashorn, Renn usw. und eine **verarmte**, wesentlich nur das Renn umfassende, bestanden haben kann. Das Alter der Stationen läßt sich deshalb sicher nur nach geologischen und archäologischen Momenten, nicht aus der Fauna allein, bestimmen.

Reine „Renntierstationen" können also sehr verschiedenen Zeiten angehören und auf Grund der Munzinger Funde lassen sich schon jetzt mit Sicherheit **zwei verschiedene „Renntierzeiten"** in Südwestdeutschland unterscheiden, eine ältere, die der jüngeren Phase der Riß-Würm-Zwischeneiszeit angehört, und eine jüngere, nacheiszeitliche, die durch die Stationen Schweizerbild und Schussenried vertreten wird.

Die **Gründe des Aussterbens der vorzeitlichen Tierwelt**, besonders der Mammutfauna während und nach der Eiszeit, behandelt Prof. Dr. **Fritz Frech**.*) Er faßt die Ergebnisse seiner Untersuchung folgendermaßen zusammen: Während der quartären Kälteperiode starben in den gemäßigten und polaren Gegenden die großen, einseitig spezialisierten und daher nicht anpassungsfähigen Tiere aus, und zwar in bestimmter Reihenfolge.

Zu Beginn der Quartärzeit gehen infolge des Herabgehens der Wärme die Formen des tropischen und warmgemäßigten Klimas unter, das große Flußpferd in Europa (Hippopotamus major), **Merks** Rhinozeros, der unmittelbare Nachkomme einer tertiären italienischen Art (Rhinoceros etruscus), ferner der ebenfalls von einer älteren südeuropäischen Form abstammende Elephas antiquus, endlich der Riesenbiber Trogontherium und Elasmotherium im Wolgagebiete, der größte und eigenartigste Vertreter der Nashörner.

*) Archiv f. Rassen- und Gesellschafts-Biologie, 3. Jahrg. (1906), Heft 4.

Sobald in Europa nach dem Abschmelzen der Eismassen eine allgemeine und dauernde Temperatursteigerung eintritt, verschwinden hier die arktischen, meist riesenhaften Säugetiere, das Mammut, das Knochennashorn (Rhinoceros antiquitatis), der Riesenhirsch und der Moschusochse. Besonders bezeichnend ist das Ausweichen des Riesenhirsches nach Irland und das späte Erlöschen des gewaltigen Geweihträgers auf dieser waldarmen Insel. Das Auftreten und Verschwinden der großen Raubtiere, Höhlenbär, Höhlenhyäne, Löwe, hängt in Europa von den Wanderungen ihrer Beutetiere ab.

Die Erhaltung einzelner Tierformen hängt von der Möglichkeit einer Rückwanderung in arktische Gebiete ab, wie sie dem Tundren-Renntier und dem Moschusochsen gelang. Dem Mammut und dem Knochennashorn dagegen wurde durch zeitweise Überflutung des östlichen Rußlands der Rückweg nach Sibirien abgeschnitten; ebenso verhinderte die Bildung eines dauernden Beringmeeres die Rückkehr der amerikanischen Mammutherden.

Einzelne Tierformen retteten sich durch Rückwanderung in das Hochgebirge; eine solche glückte der Gemse, dem Steinbock, dem Schneehasen und Schneehuhn. Einige wenige paßten sich auch den veränderten Lebensbedingungen an; so der europäische Wisent, das Waldrenntier Skandinaviens und Nordamerikas, die von Formen der arktischen Moossteppe abstammen und nach der Eiszeit zu Waldtieren werden.

Als eine Periode von gleich regem Schönheitssinne und ähnlicher Kunstfertigkeit wie die glyptische kann erst wieder die Bronzezeit betrachtet werden, und seltsam berührt es deshalb, die Frage aufgeworfen zu sehen: **Gab es ein Bronzezeitalter?** — noch seltsamer, die Frage mit Nein beantwortet zu sehen, wie **Fr. Günther** es tut.*)

Die Bronzezeit soll zwischen dem Stein- und dem Eisenzeitalter gelegen haben. Um darüber zur Klarheit zu kommen, ist die metallurgische Wissenschaft zu Rate zu ziehen, was **Günther** an der Hand von Prof. Dr. **Becks** fünfbändiger „Geschichte des Eisens" tut, die unsere Frage an vielen Orten mit überzeugender Ausführlichkeit behandelt. Da stellt sich denn folgendes heraus: Es ist unmöglich, Bronze unmittelbar aus einer Mischung von Kupfer- und Zinnerzen zu gewinnen. Bronze kann man nur gewinnen, wenn man dem eingeschmolzenen Kupfer metallisches Zinn zusetzt.

Die Erfindung der Bronze konnte nur von einem in der hüttenmännischen Technik erfahrenen Volke, das im Besitze des Kupfers und des Zinns war, gemacht werden. **Günther** betrachtet als dieses Volk aus geographischen und sprachlichen Gründen semitische Stämme Westasiens, möglicherweise auch die turanische Bevölkerung des unteren Euphratlandes: hier wird die Bronze zuerst dargestellt sein. Durch die Phönizier und ihre Kolonien und durch die Etrusker, später durch die Griechen und Römer wurden die nördlichen Völker Europas erst mit dieser Legierung versehen, zum Teil als sie noch in der Steinzeit lebten, zum Teil als sie schon Eisen von geringerer Güte herzustellen ver-

*) Die Umschau, 10. Jahrg. (1906), Nr. 12.

standen. Nur in diesem Sinne hat es eine Bronzezeit für die Länder Europas gegeben, nicht so, als ob die Bewohner der Pfahlbaudörfer oder Dänemarks selbständig den Bronzeguß erfunden und alsbald mit vollendeter Kunst ausgeübt hätten. Schon die Übereinstimmung der Bronzewaffen in ihren Grundformen fordert eine gemeinsame Ursprungsstätte. Sehr wohl vermochten dagegen die mit der importierten Bronzeware versehenen Nordvölker diese Legierung umzuschmelzen und aus zerbrochenem Bronzegerät neues zu gießen, eine Tätigkeit, die durch im Norden gefundene Gußformen hinlänglich bezeugt ist.

In Ägypten benützte man Eisen, sogar Stahl, vor der Bronze; in den alten Kulturstaaten Südamerikas war die Eisenbearbeitung vor der Entdeckung wohlbekannt, und so gibt es denn, schließt Günther, auf der ganzen Erde kein Land und kein Volk, bei dem sich ein Bronzezeitalter zwischen die Stein- und die Eisenzeit zeitlich eingeschoben hätte.

Fundamentsteine Vinetas nach Th. Kantzow (ca. 1550).

Den Bewohnern der Ostsee und den Besuchern der Bäder auf Usedom und Wollin tritt alljährlich ein anderes „Problem" entgegen, das Vinetaproblem, das durch Prof. W. Deeckes Untersuchungen*) gelöst zu sein scheint. Das an der Nordküste der Insel Usedom etwa 1½ Kilometer vom Lande gelegene Steinriff Vineta zeigt nach älteren Berichten und Plänen (Th. Kantzows und Joh. Lubbechius') eine so merkwürdig regelmäßige und wohlgegliederte Form, daß die Vermutung, es liege hier eine versunkene Gruppe von Hünengräbern vor, sehr viel für sich hat. Die dolmengekrönte Klippe, die heute das seiner Steine größtenteils beraubte Vinetariff darstellt, muß ziemlich rasch und gleichmäßig zum Meeresniveau abgesunken sein; denn wäre sie etwa durch Brandungswirkung nach und nach herabgestürzt, so wäre kein Stein am anderen geblieben. Die Zeichnungen Kantzows, als Hünengräber aufgefaßt, setzen also eine Landsenkung in vorgeschichtlicher Zeit voraus, und eine solche ist ja tatsächlich nachgewiesen als sogenannte Litorinasenkung, die letzte große Veränderung, die die deutsche Ostseeküste vor der Gegenwart erlitten hat (siehe Jahrb. IV, S. 68). Sie begrub die Gräber der Vinetagruppe bis gerade unter den Seespiegel, so daß bei ruhigem Wetter nur die riesigen Decksteinreihen hervorragten; so sahen die alten Chronisten Vineta.

*) X. Jahresbericht der Geogr. Gesellsch. zu Greifswald, 1906.

Lust und Schmerz.

Eine der positivsten, zugleich aber auch dunkelsten Empfindungen ist der körperliche Schmerz — von dem seelischen, den der Dichter meint, wenn er singt: „Nimm alle Kraft zusammen, die Lust und auch den Schmerz!" sei hier abgesehen. Bei den meisten Menschen tritt diese Empfindung außerordentlich ausgeprägt auf, hochorganisierte Wesen wie Goethe leiden unter dem Körperschmerz nach dem Urteil Nahestehender oft ganz besonders, während anderseits nicht nur bei Tieren, sondern auch bei Menschen die Schmerzempfindung völlig zu fehlen scheint, wofür wir schon früher Beispiele kennen gelernt haben (siehe Jahrb. II, S. 317). Dabei können die übrigen Sinnesempfindungen völlig unberührt sein, es braucht mit der „Analgesie", der Gefühllosigkeit gegen Schmerz, keine „Anästhesie", keine allgemeine Empfindungslosigkeit verbunden zu sein.

Die Frage, ob Schmerz eine besondere Sinnesqualität ist oder nur eine Spezialbezeichnung für den „negativen Gefühlston", das Unlustgefühl, das sehr starke Empfindungen begleitet, versucht Dr. Edm. Forster in einer Arbeit „Über die Affekte" zu entscheiden.*)

Während manche Forscher bestreiten, daß der Schmerz eine besondere Art der Empfindung sei, und annehmen, daß dieselben Nerven eine Empfindung bald als solche allein, bald als Schmerzempfindung an das Gehirn befördern, betonen andere, daß die Beobachtungen über Analgesie ohne Anästhesie gegen die Annahme sprechen, daß dieselben Nerven den Schmerz und die übrigen Empfindungen vermitteln. Die Scheidung könnte erst im Rückenmark beginnen oder bereits diesseits, in den nach der Haut zu gelegenen Teilen der Nerven. Für den ersteren Fall wäre anzunehmen, daß eine und dieselbe Nervenfaser ihre Erregungen in dem Rückenmarke auf zwei Bahnen überführen kann, auf eine von größerem und auf eine andere von geringerem Widerstande. Die durch Tastreize erweckten schwachen Erregungen des Nervs würden ungeteilt zu den Tastempfindungsapparaten des Gehirnes fließen, während starke, durch Schmerzreize erzeugte Erregungen desselben Nervs sich an der Teilungsstation

*) Monatsschr. f. Psychiatrie und Neurologie, Bd. 19 (1906), Heft 3.

verzweigen und zu einem kleineren oder größeren Bruchteil in die andere Bahn gelangen und auf ihr die Schmerzempfindungsapparate des Gehirnes erreichen würden.

Für die zweite Annahme, daß der Tast- und Schmerzapparat von der Haut oder der Reizstelle bis zum Gehirn durchgehends geschieden sei, müssen wir voraussetzen, daß die Tast- und Schmerznervenfasern, jede wahrscheinlich mit anderer Endvorrichtung, gesondert entspringen, isoliert zum Rückenmark verlaufen und jede für sich in die ihr zugehörige Bahn einmünden. Diese Annahme ist nach v. Frey's Untersuchungen die wahrscheinlichere. Frey konnte besondere Schmerzpunkte der Haut nachweisen, von denen aus auch schon bei so schwachen Reizen Schmerz ausgelöst werden konnte, daß dabei eine direkte Verletzung des Nervs nicht entstehen kann. Als Endorgan der schmerzleitenden Nerven nimmt v. Frey die intraepithelialen (innerhalb der Hautzellschichten endigenden) Nervenenden an. Gibt es eine eigene Schmerzleitung mit eigenen Endapparaten, so muß man auch die Existenz eines eigenen Schmerzsinnes annehmen.

Nehmen wir einen Schmerzsinn an, so ist es falsch zu sagen: Unter Schmerzempfindungen werden Empfindungen eigenartiger Beschaffenheit verstanden, die schon bei sehr geringer Stärke einen sehr unangenehmen Gefühlston haben, der ihnen unlöslich anhaftet. Wir müssen dann vielmehr sagen: Schmerzempfindungen sind die spezifischen Empfindungen unserer Schmerzorgane, genau wie Lichtempfindungen die spezifischen Empfindungen unserer Sehorgane sind. Damit ist alles gesagt. Werden unsere Schmerzorgane, die intraepithelialen Nervenenden, gereizt, so entsteht Schmerz. Dabei ist nichts weiter zu erklären, ebensowenig wie die Empfindung Licht zu erklären ist. Werden diese Schmerzorgane gereizt, so entsteht nicht eine besondere Sinnesqualität, der ein besonders heftiger „Gefühlston" beigemengt ist und die wir deshalb nicht nach der Beschaffenheit (Qualität), sondern nach dem Gefühlston benennen; nein, es entsteht einfach eine spezifische, eine ihrer Art nach von allen anderen völlig verschiedene Empfindung, und diese spezifische Empfindung nennen wir eben Schmerz.

Leugnen wir den Gefühlston bei der einfachen Sinnesempfindung „Schmerz", so dürfen wir ihn auch nicht für die anderen Sinnesempfindungen voraussetzen. Der einfachen Sinnesempfindung ist ein Gefühlston nicht beigemengt. Was wir als Gefühlston bezeichnen, das als angenehm oder unangenehm Empfundenwerden einer Nervenerregung, ist eine assoziative, auf Vorstellungsverknüpfung zurückzuführende Leistung; Gefühlstöne sind die Ergebnisse früher erworbener Erfahrungen, aber nicht von vornherein mit den Empfindungen gegeben.

Zahllose Empfindungen rauschen täglich an uns vorüber, die weder von einem deutlichen Lustgefühl noch von einem deutlichen Unlustgefühl begleitet sind. Und die wenigen, welche Schmerz oder Freude erwecken, haben diese Affektwirkung nicht als Empfindungen an sich, sondern vermöge der mit ihnen verknüpften und durch sie wieder über die Schwelle des Bewußtseins gerufenen Vorstellungsreihen. Forster weist das an einer Reihe von Beispielen für den Gesichts- und für den Gehörssinn nach, von denen wir hier nur eines heranziehen wollen.

Prof. Ziehen meint, die räumliche Anordnung der Gesichtsempfindungen sei bedeutsam für den Gefühlston, und führt als Begründung an, daß das Verhältnis des Goldenen Schnittes*) besonders schön gefunden wird. Wenn aber bei dahin gehenden Versuchen die meisten Personen die Rechtecke, deren Seiten annähernd im Verhältnis des Goldenen Schnittes stehen, am schönsten fanden, so beweist dies doch nicht im geringsten, daß die Gesichtswahrnehmung an sich mit einem positiven (angenehmen) Gefühlston verknüpft war. Im Gegenteil, die Versuchspersonen haben sich bei dem Anblick des Rechteckes irgend etwas vorgestellt, am häufigsten wohl ein Bild, ein Fenster, und da schien ihnen das Verhältnis des Goldenen Schnittes am schönsten, nicht zu lang und zu schmal, nicht zu langweilig, zu viereckig.

Andere stellten sich etwas anderes vor und fanden eine andere Form schöner. Auch hier ist also das Schönfinden eine verwickelte assoziative (auf Vorstellungsverknüpfung beruhende) Leistung; die Sinneswahrnehmung allein bedingt keinen Gefühlston: der Mathematiker, der mit Rechtecken zu arbeiten hat, empfindet bei deren Anblick an und für sich keinerlei Lustgefühle, diese tauchen nur dann auf, wenn er durch das Zeichnen eines Rechteckes etwa die Lösung einer Aufgabe gefunden hat. Dabei ist natürlich die Form des Rechteckes vollkommen gleichgültig, das Lustgefühl hängt von Vorstellungen ab.

Steht nun aber die Tatsache, daß bei starker Zunahme eines Reizes Unlustgefühle auftreten, nicht in Widerspruch mit der Annahme, daß es keine besonderen Gefühlstöne gebe? Bei sehr starkem Lichtreiz entsteht ein Unlustgefühl, Blendung; ein sehr lauter, schriller, hoher Ton wird unangenehm, ja schmerzhaft empfunden. In diesen Fällen scheint das Unlustgefühl ein Bestandteil der Sinnesempfindung als solcher zu sein; denn hier sind es sicher keine Vorstellungen, die die Blendung oder den schmerzhaften Ton verursachen. Aber es läßt sich zeigen, daß hier neben den Gesichts- und Gehörsnerven noch andere Nervenendigungen in Mitleidenschaft gezogen werden.

Der sehr starke Lichtreiz z. B. reizt nicht nur das Endorgan des Sehnervs, sondern es wird auch reflektorisch die Iris krampfhaft zusammengezogen, wodurch die in ihr befindlichen Schmerzorgane gereizt werden (was daraus hervorgeht, daß bei gelähmter, nicht zusammenziehbarer Iris der Blendungsschmerz fehlt). Nebenbei entstehen noch andere Wirkungen, dem starken Lichtreiz kann ein gewisser Wärmegrad anhaften, der seinen Einfluß auf die Bindehaut geltend macht, die Augen werden blinzeln, zugekniffen werden usw., kurz, es entsteht nicht eine einfache Sinnesempfindung, sondern eine Häu-

*) Unter dem Goldenen Schnitt versteht man die Zerlegung einer geraden Strecke A B durch einen Punkt C zwischen A und B in zwei solch ungleiche Teile, daß der kleinere sich zum größeren Abschnitt verhält wie dieser zur ganzen Strecke. Das Verhältnis der beiden Teile ist ungefähr wie 5 zu 8. In der Natur findet sich das Verhältnis des Goldenen Schnittes häufig.

fung von solchen; neben der Lichtempfindung kommen Schmerz-, Bewegungs- und Druckempfindungen, möglicherweise auch Wärmeempfindungen und andere zur Geltung. Der starken Lichtempfindung ist also nicht ein negativer Gefühlston beigemengt, sondern neben und zugleich mit ihr entsteht eine Schmerzempfindung, eine Bewegungsempfindung usw. Ein solches Gemisch von Empfindungen haben wir auch bei dem schmerzhaft lauten Tone.

Ebenso wird es verständlich sein, daß die unangenehme Gefühlsbetonung beim Riechen oder Schmecken scharfer, stechender, ätzender Stoffe nicht dadurch zu stande kommt, daß der Geruchs- oder Geschmacksempfindung ein unangenehmer Gefühlston beigemengt ist, sondern dadurch, daß neben den Geruchs- und Geschmacksorganen auch die daneben liegenden Schmerzorgane gereizt werden. Bei der Zunahme des Reizes haben wir also keine reine Sinnesempfindung mehr, sondern eine mit Schmerz zusammengesetzte.

Sprechen wir nun den Empfindungen als solchen Gefühlstöne ab, so können wir solche nicht auf einmal bei den nicht sinnlich lebhaften Vorstellungen, den Erinnerungsbildern der Empfindungen, anerkennen. Es sind nicht schmerzliche Vorstellungen, sondern es ist, entsprechend dem besonderen Schmerzsinne, auch die Vorstellung Schmerz vorhanden.

Wie aber kommen nun die Lustgefühle zu stande?

Einen besonderen Lustsinn, besondere Lustorgane, eine besondere Lustleitung entsprechend der besonderen Schmerzleitung kennen wir nicht. Besondere Lustorgane könnte man höchstens an den Genitalien annehmen, die von dort ausgelösten Empfindungen haben etwas durchaus Spezifisches, Positives, das gestatten könnte, sie mit den Schmerzempfindungen in Parallele zu setzen. Davon aber abgesehen, so sind die Lustgefühle Kontrastwirkungen.

Wenn wir einen heftigen Schmerz empfinden und dieser schwindet plötzlich, so wird uns dieses Aufhören des Schmerzes als etwas Positives, als eine neue Empfindung erscheinen, für die wir den Ausdruck Erleichterung, Lustgefühl anwenden. Nie haben wir plötzlich ein scharfes, bestimmtes Gefühl „Lust", wie wir unerwartet auf einmal einen „Schmerz" empfinden — außer wenn ein heftiger Schmerz plötzlich schwindet. Unsere Lustgefühle sind komplizierte Vorgänge, zu deren Erläuterung Forster auf die sogenannten „Organempfindungen" eingeht.

In sämtlichen Organen des Körpers befinden sich Endapparate der Schmerznerven. Diesen fließen sowohl in den Eingeweiden — durch die Verdauung usw. — als auch an der Körperoberfläche — durch äußere Einwirkungen — Erregungen zu, derer wir uns nicht bewußt werden, die aber trotzdem ihre (reflektorischen) Wirkungen ausüben. Das sind die Organgefühle. Werden diese Erregungen stärker, so werden sie bewußt, und wir nennen diese heftigen Organgefühle Schmerz. So wird auch verständlich, daß durch Schmerz unsere Aufmerksamkeit immer in besonderem Grade gefesselt wird: da immer ein stärkerer Reiz nötig ist, um die Empfindung Schmerz hervorzurufen, wird dieser über die normalen mittleren Reize, von denen die anderen Sinnesempfindungen hervorgerufen werden, den Sieg davontragen.

Auch beim Hunger, beim Durst wird ein Reiz auf die Endigungen der Schmerznerven ausgeübt; so entsteht das Hunger-, das Durstgefühl. Die Verschiedenheit dieser Gefühle wird dadurch erklärlich, daß der Reiz des Durstes zunächst an anderen Stellen angreifen wird als der des Hungers, und daß bei zunehmendem Hunger oder Durste nicht nur die Schmerznervenendapparate, sondern auch die Zentralorgane und dann auch der übrige Körper in besonderer Weise gereizt und beschädigt werden, wodurch zugleich verständlich wird, daß zunehmender Hunger oder Durst etwas anderes als allgemeinen Schmerz erzeugt.

Eine Analyse des Lustgefühls, z. B. beim Genusse eines Stückes Zucker, zeigt, daß dieses Gefühl seinen Grund in der Verknüpfung irgend einer Empfindung mit dem Schwinden eines Schmerzgefühls, in diesem Falle des Hungers, hat. Diese Verknüpfung, die den positiven Gefühlston, das Lustgefühl beim Genusse von Zucker, schafft, ist schon in frühester Jugend im Kindesgeiste entstanden, indem der Genuß der süßen Milch dem quälenden Hungergefühl ein Ende bereitete. So beruht das Lustgefühl nach Forster auf der Verknüpfung von Vorstellungen, die in letzter Linie auf die Kontrastempfindung, welche durch das Wegfallen von Schmerz entsteht, zurückzuführen sind.

So kommt denn die Naturwissenschaft endlich auch auf eine jener Grundwahrheiten, welche die Philosophie, besonders diejenige Schopenhauers, schon lange erkannt hat: daß der Schmerz die positive Empfindung, alle Befriedigung aber, und was man gemeinhin Glück nennt, eigentlich und wesentlich immer nur etwas Negatives, Schmerzabwesenheit, sei.

Hamburger Nachrichten. Prochaskas Illustrierte Jahrbücher, die seit sechs Jahren erscheinen und zuerst nur die Weltgeschichte, in schneller Folge aber auch die Erfindungen, die Weltreisen und geographischen Forschungen, die Naturkunde behandelten, haben, wie dies schon von selbst aus dem Aufblühen dieses dankenswerten Unternehmens hervorgeht, rasch einen großen Kreis von Freunden gefunden und erfreuen sich von Jahr zu Jahr einer steigenden Beliebtheit. Das uns vorliegende reich illustrierte Jahrbuch der Naturkunde birgt trotz seines wohlfeilen Preises von nur Mark 1.50 eine wahre Fülle von Stoff aus allen Gebieten der Naturwissenschaft, die im letzten Jahre eine Förderung erfahren haben. Der Verfasser führt uns in spannend geschriebenen Aufsätzen alle bedeutenden Errungenschaften der Astronomie und Meteorologie, der Geologie, Physik und Chemie, der Entwicklungslehre und Paläontologie, der Botanik und Zoologie, der Urgeschichte, Ethnographie und Anthropologie vor und versteht es meisterhaft, die mannigfaltigen Ergebnisse in klarer Übersichtlichkeit und in knapper Form darzustellen. Nur wenigen ist es heutzutage möglich, dem Fortschritt auf allen Wegen mit gleichem Schritt zu folgen, der Freund der Wissenschaft findet daher in Prochaskas Jahrbüchern einen zuverlässigen, nie versagenden Führer, mit dem er sicher und leicht den sonst oft so schwierigen Aufstieg zu den himmelanstrebenden Höhen menschlichen Scharfsinnes bewältigen kann. Bei der Lektüre dieser Jahrbücher gerät man oft in Zweifel, was man mehr bewundern soll: die erstaunliche Findigkeit des Verfassers oder seine mustergültige, stilistisch vollkommene Verarbeitung des Stoffes. Einer Empfehlung des Werkes bedarf es unsererseits nicht — gute Bücher empfehlen sich ganz von selbst.

Stralsunder Tageblatt. Prochaskas Illustrierte Jahrbücher. „Seit einigen Jahren erscheinen in dem auch durch seine sonstigen Veröffentlichungen wohlbekannten Verlage von Prochaska, Leipzig-Wien-Teschen, sogenannte Jahrbücher. Bei diesem Titel mag mancher wohl als Inhalt einen mehr oder minder trockenen Datenkram vermuten, durch den die Geschehnisse eines Jahres festgelegt sind. Das trifft bei diesen Jahrbüchern nicht zu, im Gegenteil, soweit wir sie kennen, geben sie, der Absicht des Verlegers entsprechend, Auskunft „über die Fortschritte der Kultur auf den wichtigsten Gebieten des modernen Lebens" in ansprechender, allgemeinverständlicher Darstellung. Wir werden eingeführt in lebensvolle Gebiete — Erfindungen, Weltreisen und geographische Forschungen, Weltgeschichte, Naturkunde — durch tüchtige Mitarbeiter, darunter auch zwei geborene Stralsunder, die Brüder Hermann und Wilhelm Berdrow. Ungemein fesselnd ist die Darstellung, zahlreiche gediegene Illustrationen unterstützen dieselbe, und so erweisen sich diese Jahrbücher als zuverlässige Führer, die das Vielerlei der Erscheinungen eines Jahres mit sicherer Hand auf geebnetem Wege hindurchführen."

Basler Zeitung. Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Endlich haben wir einmal eine gute, billige und ausgezeichnet illustrierte Übersicht alles dessen, was die Naturkunde im Laufe eines Jahres als neue Entdeckungen zu verzeichnen hatte. Es ist eine Freude, die prächtige, für jedermann verständliche Übersicht zu lesen. Jeder Gebildete sollte diese Jahrbücher erwerben und sie nicht nur in seiner Bibliothek aufstellen, sondern auch lesen. Derartige Schriften nützen der Aufklärung unendlich viel mehr als alle kulturkämpferischen Zeitungsartikel. Möchte doch dieses Unternehmen die weiteste Verbreitung in allen Schichten der Bevölkerung finden."

Münsterischer Anzeiger. Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Die Skepsis, mit der wir an dieses Buch herantraten — wie an alle naturwissenschaftlichen Werke, die für billiges Geld angeboten werden und bei denen die dadurch hervorgerufene Betonung des populär-wissenschaftlichen Charakters nicht selten über den Mangel an Inhalt des Werkes hinwegtäuschen soll — machte bald einer anderen Auffassung Platz; wir begrüßen das Erscheinen dieses Werkes auf das lebhafteste. Das Werk ist stilistisch ausgezeichnet und mit zahlreichen und guten Illustrationen geschmückt. Der Preis von Mark 1.50 ist außerordentlich niedrig bemessen."

Allgemeiner Anzeiger für Deutschlands Rittergutsbesitzer. „Wieder einmal ein durchaus gelungenes Volksbuch bester Art, dieses im Prochaska Verlage in Wien, Leipzig und Teschen erschienene ‚Illustrierte Jahrbuch der Erfindungen', das Mark 1.50 kostet, für diesen Preis aber geradezu unglaublich viel und überraschend Gutes bietet. Der Text des Werkes ist eine Musterleistung der volkstümlichen Behandlung technischer Themata, so interessant und verständlich, so anziehend sind sie für die Laienwelt, das große Publikum, Jugend und Volk schriftstellerisch abgefaßt. Es ist ein Vergnügen, dieses Werk zu lesen, man verfolgt seinen Inhalt mit einer wahren Spannung."

Pädagogische Zeitung. Ganz anders steht's mit dem „Jahrbuch der Naturkunde", das nicht so sehr dem Bedürfnis nach Unterhaltung entgegenkommt, als dem nach Belehrung gerecht wird. Denn was helfen dem vielbeschäftigten modernen Menschen die naturwissenschaftliche Wochenschrift, der Prometheus und die anderen recht gut geleiteten Wochen- und Monatsschriften, wenn ihm die Zeit zum ruhigen Genuß fehlt. Die Berichte der Tageszeitungen über die neuesten Errungenschaften der Naturkunde aber hinterlassen meist nicht viel mehr als eine dunkle Ahnung. Da tritt das Jahrbuch ein: es bietet alljährlich jedem Gelegenheit, sein naturkundliches Wissen für Mark 1.50 in wenig Stunden wieder zu modernisieren, und soviel Zeit und Geld muß jeder Gebildete, erst recht jeder Lehrer für dieses Fach übrig haben. Deshalb keine Aufzählung des Inhalts und keine Empfehlung, sondern einfach der gute Rat: Nimm und lies! Und noch einen weiteren Wunsch möchte ich nicht unterdrücken: daß nicht nur die Lehrer, sondern allmählich auch unsere Schüler aus dieser reichlich fließenden Bildungsquelle schöpfen lernten. Welche große und schöne Aufgabe damit der Schule unserer Tage gestellt wird, das mag jedem, der mitstreben will, das letzte Jahrbuch selber erläutern.

Dresdener Journal. Interessante monographische Darstellungen sind die Illustrierten Jahrbücher der Weltgeschichte, der Weltreisen, der Erfindungen, der Naturkunde, die im Verlag von Karl Prochaska in Leipzig, Wien und Teschen zum Preise von Mark 1.50 für den gebundenen Band erscheinen. Die Aufgabe, die Geschehnisse eines Jahres auf dem Gebiete der Politik ꝛc. in zusammenfassender Darstellung festzuhalten, ist gewiß keine leichte, dafür aber eine dankbare, deren Wert vor allem von denen erkannt wird, die es sich nicht genügen lassen, flüchtig Kenntnis zu nehmen von politischen Vorgängen, von Erfindungen, von Forschungsreisen ꝛc., sondern die Wert darauf legen, sich dauernd darüber unterrichtet zu halten. Auf dem Gebiete der Politik gibt es bereits ein Jahrbuch; aber dieses, in erster Linie bestimmt für Journalisten oder Geschichtsgelehrte, ist mehr ein Urkunden- und Nachschlagebuch als eine zusammenfassende Schilderung der politischen Weltgeschehnisse. Auch an Jahrbüchern über Erfindungen, Weltreisen ꝛc. in Gestalt von Zeitschriften ist kein Mangel; wer aber hat Lust oder, wenn schon diese, die Mittel, um sich Spezialzeitschriften der verschiedensten Wissensgebiete zu halten? So darf man denn diese Jahrbücher als ein höchst schätzenswertes Ersatzmittel für Spezialrevuen begrüßen. Der Prochaskasche Verlag hat sich für die Bearbeitung der einzelnen Gebiete Mitarbeiter gewonnen, denen er seine Unternehmungen wohl anvertrauen kann.

Anzeiger für die neueste pädagogische Literatur. Illustriertes Jahrbuch der Erfindungen. „Für einen so billigen Preis wird man selten ein so gediegenes Werk wie das vorliegende erlangen."

Norddeutsche Allgemeine Zeitung. Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen und geographischen Forschungen. „Der Zweck des Buches ist, die weitesten Kreise mit den neuesten Forschungsreisen zu geographischen und ethnographischen Zwecken bekanntzumachen; dementsprechend ist auch der Preis ein sehr geringer. Es ist tatsächlich erstaunlich, welche Fülle von gediegener Belehrung in Bild und Wort dem Leser für 1 Mark geboten wird."





